

Phys. sp.

33

n

Thys sp. 33 n

Barth

Beiträge

zur

Theorie des Weltgeschehens.

Von

A. F. Barth.



Grossenhain und Leipzig.
Verlag von Baumert & Ronge
1893.

Geochip. 1803

P. P.

In unserem Verlage erscheint soeben :

Beiträge
zur
Theorie des Weltgeschehens.

Von

A. F. Barth.

gr. 8^o, 1 Mk. ord., baar 33¹/₃ 0/0 u. 7/6, in Rechnung 25 0/0.

Diese Broschüre behandelt in vier Abschnitten :

Ueber Wärmetheorie.

Wärme und mechan. Kraft.

Freie u. gebundene Wärme.

Materie und Kraft.

die Kardinalpunkte desjenigen Theiles der Wissenschaft, der das natürliche Geschehen aus gesetzmässigen Ursachen zu erklären sucht. Sie giebt **zum ersten Mal** eine vollständige **Dampftheorie**, deren Fehlen bisher alle Versuche, die Wärmefrage zu lösen, von vornherein als problematisch erscheinen liess. Im übrigen ist sie nicht bloss für wissenschaftlich Gebildete und besonders nicht bloss für Techniker von höchstem Interesse: sie ist auch nicht ohne Interesse für Alle, die der Wissenschaft nicht völlig fern stehen.

Hochachtungsvoll

Grossenhain, Februar 1893.

Baumert & Ronge.

C

Beiträge

zur

Theorie des Weltgeschehens.

Von

A. F. Barth.



Grossenhain und Leipzig.

Druck und Verlag von Baumert & Ronge

1893.

Beiträge
zur
Theorie des Weltgeschehens

Alle Rechte vorbehalten.



Ueber Wärmetheorie.

Die jetzige Wärmetheorie beruht im Wesentlichen auf der Frage: „In welchem Verhältniss kann durch mechanische Kraft Wärme und durch diese wieder mechanische Kraft erzeugt werden.“ Als wichtig für die Beantwortung dieser Frage sind zunächst folgende Thatsachen in Betracht zu ziehen.

Nirgends in der Natur wird Wärme unmittelbar in mechanische Kraft umgesetzt und nirgends in der Natur wird durch mechanische Kraft unmittelbar Wärme hervorgebracht. Die Wärme bedarf, wenn sie mechanische Kraft erzeugen soll, stets eines Mediums, und ebenso bedarf die mechanische Kraft als Medium eines Körpers, an dem die erzeugte Wärme zur Erscheinung kommt. Solche Medien sind besonders flüssige und luft- oder gasförmige Körper. Metalle sind solche Medien weniger, obgleich sie ohne Ausnahme durch Wärme ausgedehnt werden. Die Behauptung, dass die Leistung der Wärme, wenn zum Beispiel ein eiserner Stab durch Wärme ausgedehnt wird, einer mechanischen Kraft entspricht, welche den Stab um das nämliche streckt, ist unzutreffend. Wird ein eisener Stab durch mechanische Kraft über die Elasticitätsgrenze ausgedehnt, so bleibt er gestreckt; er wird bei gleicher Temperatur stets eine grössere Länge haben, als wie ein ebensolcher Stab, der nicht mechanisch gestreckt worden ist. Die Wirkung der mechanischen Kraft ist also hier eine andere, als die der Wärme. Mit Medien, wie es Metalle sind, kann meist nur die durch mechanische Kraft

erzeugte Wärme zur Erscheinung gebracht, aber die Wärme nicht umgesetzt werden in mechanische Kraft.

Im Verlauf der weiteren Untersuchungen werden wir auf das sogenannte mechanische Wärme-Aequivalent zu sprechen kommen. Es dürfte daher zweckmässig sein, zunächst festzustellen, was unter dem mechanischen Wärme-Aequivalent zu verstehen ist. Geht man aus vom Ursprung des Begriffs, beachtend, was oben in dieser Beziehung schon gesagt ist, so können unter dem mechanischen Wärme-Aequivalent zwei Dinge verstanden werden:

1. die mechanische Kraft, welche nöthig ist, um mit Hilfe eines Mediums eine Wärme-Einheit (Kalorie) zu erzeugen,
 2. die mechanische Kraft, die sich mit Hilfe eines Mediums durch eine Wärme-Einheit (Kalorie) gewinnen lässt.
- Der Begriff ist in der ersten Zeit verschieden aufgefasst worden.

Dass die Kraft unter 2 der Kraft unter 1 nicht gleichkommt, liegt ohne weiteres auf der Hand. Aber auch bei Erzeugung einer Kalorie oder bei Erzeugung mechanischer Kraft sind Unterschiede zu konstatiren. Selbst wenn man voraussetzen will, dass die einzelnen Medien, wo es sich um die Erzeugung einer Kalorie handelt, an und für sich völlig gleichwerthig sind, so ist doch die Methode, nach der die Wärme erzeugt wird, von unbestreitbarem Einfluss auf das Ergebniss, abgesehen davon, dass die Art und Weise der Wärme-Erzeugung meist von der Beschaffenheit des Mediums abhängt. Je nachdem die Methode, nach der die Wärme erzeugt wird, besser oder schlechter, günstiger oder ungünstiger ist, wird das Resultat ein verschiedenes sein; man wird zur Erzeugung einer Kalorie entsprechend mehr oder weniger Kraft brauchen. Dagegen verhält es sich bei der Krafterzeugung zum Beispiel anders, je nachdem mechanische Kraft durch die Erwärmung atmosphärischer Luft oder durch die Erzeugung gespannter Dämpfe gewonnen wird.

Speziell ansehen als mechanisches Wärme-Aequivalent kann man daher weder die eine noch die andre Kraft; man muss beide Kräfte als besondere Aequivalente gelten lassen.

Wäre eine Methode, um mit Hilfe eines Mediums eine Kalorie zu erzeugen, bereits als beste Methode bekannt oder unzweifelhaft festgestellt, das heisst als diejenige Methode, bei der eine Kalorie mit geringster Kraft erzeugt wird, so könnte man das bei dieser Methode gefundene Aequivalent als absolutes Aequivalent fixiren, so wie man den sogenannten untersten Gefrierpunkt als absoluten oder Nullpunkt betrachtet; dieses absolute Aequivalent hätte aber lediglich eine theoretische Bedeutung und jedenfalls keine grössere, als wie der unterste Gefrierpunkt.

Das zweite Aequivalent oder die mechanische Kraft, die mit Hilfe eines Mediums durch eine Kalorie gewonnen wird, muss dagegen als relatives, als spezifisches Aequivalent bezeichnet werden, weil es sich verschieden herausstellt, verschieden im allgemeinen bei flüssigen oder luft- und gasförmigen Körpern, verschieden bei den einzelnen Medien.

Um das mechanische Wärme-Aequivalent in der einen oder andern Form festzustellen, sind, wie bekannt, schon verschiedene Experimente ausgeführt worden.

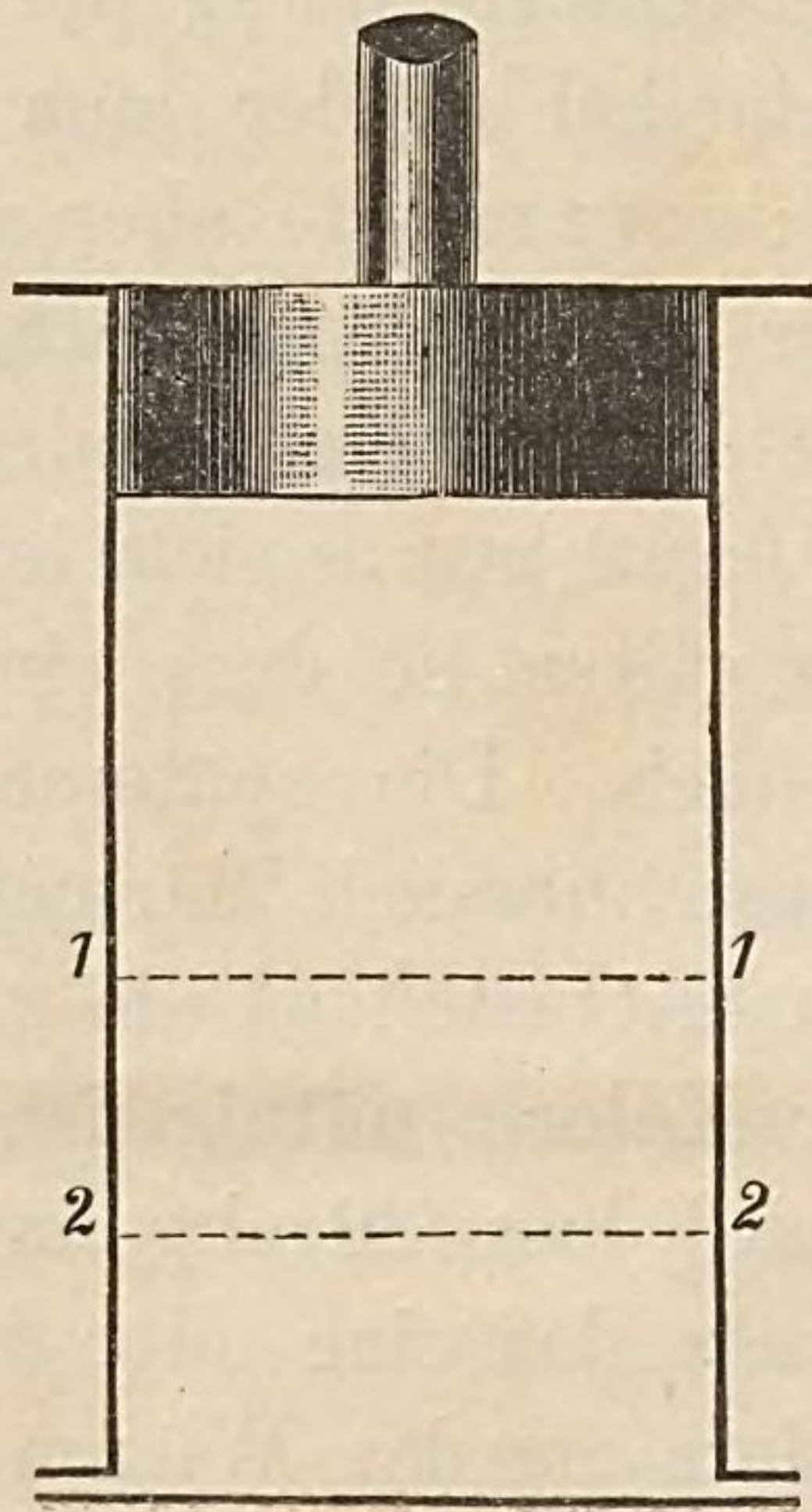
Das Experiment von Mayer, die Luft in einer zweischenklichen, nur auf einer Seite offenen Glasröhre mit theilweiser Quecksilberfüllung durch schnelles Nachgiessen von Quecksilber zu komprimiren und dadurch so zu erwärmen, dass infolge der Wiederausdehnung der Luft die Quecksilbersäule im offenen Schenkel wieder zum Steigen kommt, war scheinbar nicht übel; man musste aber ausser Betracht lassen, dass das mit grosser Schnelligkeit nachgegossene Quecksilber nicht allein durch seine Schwere, sondern auch infolge seines Falles wirkte. Und ferner war es nicht leicht, die massgebenden Punkte genau zu markiren, so dass eine richtige Berechnung fast ausgeschlossen blieb. Die späteren Versuche von Joule und anderen sind ausschliesslich Wärmemessungen, ausgeführt zu dem Zwecke, um festzustellen, wie viel mechanische Kraft zu Erzeugung einer Kalorie nöthig ist. Wenn demzufolge heute angenommen wird, dass 430 mkg einer Kalorie entsprechen, so ist damit keineswegs das eine oder das andere Aequivalent schon gefunden, sondern nur das Wärmeprodukt, welches

durch eine mechanische Kraft von 430 mkg nach einer bestimmten Methode und mit Hilfe eines bestimmten Mediums gewonnen wird. Als absolutes Aequivalent ist die kleinste Kraft anzunehmen, mit der die Erzeugung einer Kalorie möglich ist, — nicht die grösste, die bisher gefunden wurde oder vielleicht später gefunden wird.

Um aber das relative, das specifische Aequivalent bestimmen zu können, muss erst durch andere Experimente festgestellt werden, wie viel mechanische Kraft durch die erzeugte Wärme hervorgebracht wird, damit man auch das Kraftprodukt erhält, welches in Wirklichkeit oder mit Bezug auf das zur Krafterzeugung benutzte Medium einer Kalorie entspricht.

Man könnte nun glauben, dass eine Feststellung, wie viel durch die erzeugte Wärme mechanische Kraft gewonnen wird, durch Experimente unmöglich sei, aber glücklicherweise giebt es, wenigstens für luft- oder gasförmige Körper, einen ziemlich einfachen Weg, dies möglich zu machen.

Wir nehmen zu diesem Zwecke einen unten geschlossenen, oben offenen Cylinder an, in dem sich ein Kolben mit Stange und Gewichtsteller, in einer Führung gehend, luftdicht bewegt, so aber, dass der Reibungswiderstand ein möglichst geringer ist. Siehe nachstehende Figur.



Wenn der Cylinder eine Länge von 60 und der Kolben eine solche von 10 Centimeter hat, so verbleibt nach Einführung des Kolbens in den Cylinder ein freier Kolbenweg von 50 Centimeter. Nehmen wir nun weiter an, dass der Kolben (mit Stange und Gewichtsteller) ein Gewicht von 20 Kilo hat und dass er infolge dieses Gewichts nach Wiederabkühlung der bei der Kompression erhitzten Luft um die Hälfte des Kolbenweges oder bis zur Linie 1 gesunken ist, so entspricht das Gewicht des Kolbens genau dem Drucke der Atmosphäre, den diese auf den Kolben ausübt. Es ist bloss vorausgesetzt, dass man nach Einführung des Kolbens in den Cylinder die Luft unter dem Kolben, die durch dessen Einführung schon etwas komprimirt worden ist, wieder auf atmosphärische Spannung zurückgebracht hat, was mit Hilfe einer unterhalb des Kolbens in der Cylinderwand befindlichen, sonst verschraubten Oeffnung leicht zu bewirken ist. Dass das Gewicht des Kolbens genau dem Drucke der Atmosphäre entspricht, den diese auf den Kolben ausübt, geht daraus hervor, dass die Luft unter dem Kolben, wenn sie auf die Hälfte des Raumes oder bis zur Linie 1 zusammengepresst ist, nach ihrer Wiederabkühlung zwei Atmosphären Spannung hat, welcher Spannung der Druck der Atmosphäre und das Gewicht des Kolbens entgegenstehen. Betrachten wir den Druck der Atmosphäre als Krafteinheit, so wirken zwei Krafteinheiten, der Atmosphärendruck und das Kolbengewicht, gegen zwei andere, welche durch die Spannung der komprimirten und wieder abgekühlten Luft gegeben sind. Wird die Luft zusammengepresst auf den vierten Theil des Raumes oder bis zur Linie 2, so beträgt die Spannung der Luft nach ihrer Wiederabkühlung vier Atmosphären, und es müssen dieser Spannung vier Krafteinheiten, der Atmosphärendruck, das Gewicht des Kolbens und eine Belastung von zweimal 20 Kilo entgegengestellt werden, wenn sich die wirkenden Kräfte das Gleichgewicht halten sollen. Daraus folgt, dass der Kolben bei gleicher Temperatur der eingeschlossenen Luft ohne Belastung bis zur Linie 1, belastet mit zweimal 20 Kilo bis zur Linie 2 sinkt.

Nun wird aber durch die Kompression nicht allein mechanische Spannung, sondern auch Wärme erzeugt und dadurch die Spannung der Luft erhöht. Soll der Kolben trotzdem bis zur Linie 1 sinken, so muss er schon auf dem ersten Theile des Kolbenweges entsprechend belastet werden; soll er sinken bis zur Linie 2, so ist der gewöhnlichen Belastung entsprechende Mehrbelastung hinzuzufügen.

Aus dem Verhältniss, in welchem die Belastung oder die Mehrbelastung zu denjenigen Krafteinheiten steht, die ausser der Atmosphäre wirksam sind, ergiebt sich, wie viel Kraft durch Wärme erzeugt worden ist. Angenommen, dass die Belastung, respektive die Mehrbelastung, im ersten Falle 10, im zweiten 30 Kilo betrage, so würde sich die durch Wärme erzeugte Kraft zur andern wie 1 zu 2 verhalten, so dass das relative, das specifische Aequivalent, welches mit Hilfe des Mediums Luft gewonnen wird, 50 Prozent oder (wenn wir eine Kraft von 430 mkg als absoluten Werth einer Kalorie gelten lassen) 215 mkg betragen würde.

Vom Reibungswiderstande ist bei obigen Versuchen abgesehen, doch könnte man diesen durch Gewicht, nach ungefährender Feststellung paralysiren; auch müsste selbstverständlich jede Differenz zwischen Kolbengewicht und Atmosphärendruck durch besondere Belastung ausgeglichen werden.

Einer Kraft von 430 mkg würde eine Kalorie nur entsprechen, wenn die Belastung oder die Mehrbelastung dem Gewichte des Kolbens, beziehentlich diesem Gewichte und der ersten Belastung des Kolbens gleich käme, also im obigen Falle 20, resp. 60 Kilo betragen würde. Ein solches Ergebniss ist aber nicht zu erwarten; vielmehr ist eigentlich schon bekannt, dass als Wärmekraft nicht einmal 50 Prozent herauskommen. Es unterliegt schon jetzt keinem Zweifel, dass die Kraft mit der eine Kalorie erzeugt werden soll, bedeutend grösser sein muss, als die Kraft, welche sich durch eine Kalorie gewinnen lässt, oder dass das Wärmeprodukt etwas anderes ist als das Kraftprodukt.

Im übrigen ist auch Folgendes zu berücksichtigen.

Will man annehmen, dass die Kompressionswärme ein-

fach erzeugt wird durch die Verdichtung der Luft, so muss die Temperatur jederzeit dem Volumen der Luft oder dem Dichtigkeitsgrade entsprechen, beziehentlich dem Verhältniss, nach dem die Erwärmung der Luft bei den verschiedenen Dichtigkeitsgraden erfolgt. Die Luft muss in diesem Falle, wenn sie sich wieder auf das alte Volumen expandirt hat, auch wieder die alte Spannung und die alte Temperatur haben, wenigstens, wenn man annimmt, dass keine Wärmeverluste vorkommen.

Anders dagegen wäre es, wenn bei der Kompression nicht allein Wärme durch die Verdichtung der Luft, sondern auch durch die Reibung der Moleküle hervorgebracht wird. In diesem Falle müsste die Luft, wenn sie sich wieder auf das alte Volumen expandirt hat, noch einen Ueberschuss an Wärme und also auch eine höhere Spannung besitzen. Darüber, ob Wärme durch die Reibung der Moleküle wirklich erzeugt wird, können die oben beschriebenen Experimente vielleicht ebenfalls Aufschluss geben. Wird der Kolben von der Linie 1, wo er bei gewöhnlicher Temperatur stehen bleibt, bis zur Linie 2 oder noch weiter eingedrückt und dann entlastet, so kann er, wenn die Wärme nur durch die Verdichtung der Luft erzeugt wird, nach seiner Entlastung nur bis zur Linie 1 zurückkehren. Der Weg, den der Kolben macht, müsste aber länger sein, der Kolben müsste über die Linie 1 hinausgehen, sobald auch Wärme hervorgebracht wird durch die Reibung der Moleküle. Der Widerstand, den die Reibung des Kolbens verursacht, ist dabei angemessen in Betracht zu ziehen. Versuche, angestellt mit ungenügenden Apparaten, liessen auf die Erzeugung von Wärme durch die Reibung der Moleküle nicht schliessen.

Und entsprechend der Thatsache, dass durch Kraft niemals ohne weiteres Kraft erzeugt wird, sind ferner bei der Wärme-Erzeugung zwei nebeneinanderlaufende Arbeiten, zwei parallele Wirkungen zu unterscheiden. Gehen wir wieder von der Luft aus, so ist, wenn man Luft durch mechanische Kraft komprimirt, um Wärme zu erzeugen, die mechanische Spannung der Luft die Voraussetzung für die Wärmerzeugung.

Die mechanische Spannung der Luft ist die Hauptarbeit oder das erste Produkt, die Wärmeerzeugung die Nebenarbeit oder das zweite Produkt. Bei der Wärmeerzeugung ist der grösste Teil der mechanischen Kraft auf das erste Produkt zu verwenden; diese Verwendung ist aber unbedingt nöthig, weil ohne sie die Wärme als Nebenprodukt nicht zu gewinnen ist. Desgleichen sind, wenn man mit Hilfe des Mediums Luft durch Wärme mechanische Kraft erzeugen will, zwei nebeneinanderlaufende Arbeiten, zwei parallele Wirkungen zu unterscheiden: erstens die Erwärmung der Luft und zweitens die Ausdehnung oder Spannung derselben. Ohne Erwärmung der Luft giebt es keine Ausdehnung, keine Spannung. Die Erwärmung der Luft ist hier die Hauptarbeit oder das erste Produkt, die Ausdehnung oder Spannung die Nebenarbeit oder das zweite Produkt. Die Wärme muss aber beide Arbeiten nothwendig verrichten, wenn man das Nebenprodukt, die Ausdehnung oder Spannung der Luft und durch diese mechanische Kraft gewinnen will.

Da, wo Kompression und Expansion in unmittelbarer Aufeinanderfolge, ohne jede Zwischenpause stattfinden, fallen die einzelnen Wirkungen mehr zusammen. Es wird bei der Kompression der Luft mechanische Spannung und durch die Wärmeerzeugung zugleich Wärmespannung hervorgebracht, und dann bei der Expansion mechanische Kraft zu einem Theile, zum grösseren, aus der mechanischen Spannung und zum anderen oder kleineren Theile aus der Wärmespannung gewonnen.

Will man aber die Frage, wie viel mit Hilfe des Mediums Luft durch mechanische Kraft Wärme und durch diese wieder mechanische Kraft gewonnen wird, überzeugend beantworten, so müssen die beiden Prozesse möglichst auseinander gehalten oder als Einzelprozesse gedacht, respektive besonders durchgeführt werden. Es ist zunächst festzustellen, wie viel mechanische Kraft nöthig ist, um durch die Kompression atmosphärischer Luft eine Kalorie zu erzeugen und dann, welche mechanische Kraft man durch eine Kalorie mit Hilfe atmosphärischer Luft durch deren Erwärmung und Ausdehnung

gewinnen kann. Denn mit demselben Rechte, mit dem man auf der einen Seite sagt, dass zu Erzeugung einer Kalorie eine Kraft von 430 mkg erforderlich ist (angenommen, dass die Kompression der Luft eine gleiche Kraft beansprucht), mit demselben Rechte, wie auf dieser Seite die auf das erste Produkt verwendete Kraft mit eingerechnet wird, — mit demselben Rechte muss auf der anderen Seite auch die auf die Erwärmung der Luft oder auf das erste Produkt verwendete Wärme in Anschlag kommen, weil, wie schon gesagt, ohne Kompression keine Wärme und ohne Erwärmung keine Spannung zu erzielen ist. Bringt man aber auf beiden Seiten die auf das erste Produkt verwendete Kraft oder Wärme gleichmässig in Rechnung, so wird sich das relative, das spezifische Aequivalent wesentlich anders herausstellen. Es geht nicht an, dass bei der Wärmeerzeugung die auf das erste Produkt verwendete Kraft in Rechnung gestellt wird, dagegen aber bei der Krafterzeugung die auf das erste Produkt verwendete Wärme ausser Betracht bleibt. Die Annahme, dass, wenn ein Kubikmeter Luft von 0 — 1 Grad erwärmt werden soll, um mechanische Kraft zu erzeugen, 0,220 Wärme-Einheiten auf die Erwärmung und nur 0,089 Wärme-Einheiten auf die Wärmespannung oder auf die Erzeugung der mechanischen Kraft kommen, kann nicht massgebend sein. Auch jene 0,220 Wärme-Einheiten, die angeblich nur zur Erwärmung dienen, werden mitverbraucht oder sind doch ebenso unzweifelhaft nöthig, wie die andern 0,089 Wärme-Einheiten, um die mechanische Kraft hervorzubringen. —

Hiervon abgesehen geht aber auch in anderer Beziehung die jetzige Wärmetheorie nicht immer aus von richtigen Gesichtspunkten.

Durch die Erfahrung, dass komprimirte Luft — in einen luftleeren Raum gelassen — auf ihre anfängliche Temperatur zurückkommt, also scheinbar keine Wärme verliert, weil sie keine Arbeit verrichtet hat, ist man zu der Annahme bewogen worden, dass es speciell oder ausschliesslich die Wärme sei, welche in den sogenannten Wärmemotoren

wirkt, oder doch, dass die geleistete Arbeit in der verlorenen Wärme zum Ausdruck kommt. Allein der Grund, warum sich komprimierte Luft — in einen luftleeren Raum gelassen — ohne Wärmeverlust ausdehnt, lässt sich recht gut erklären, ohne dass man gezwungen ist, den Mangel an sichtbarer Arbeitsverrichtung als Ursache anzunehmen. In erster Linie spielt hier der Umstand eine Rolle, dass die Herstellung eines absolut luftleeren Raumes auf die gewöhnlich hier in Frage kommende Weise nicht möglich ist. In jedem sogenannten luftleeren Raum, der durch Auspumpen der Luft erzeugt wird, ist immer noch Luft, wenn auch Luft von äusserst geringer Dichtigkeit, vorhanden. Diese Luft wird bei der Langsamkeit, mit der die Luftverdünnung vor sich geht, durch die Einwirkung der Temperatur, welche die Wände des Apparates und die Aussenluft besitzen, auf atmosphärischer Temperatur erhalten oder sie kehrt doch, nach beendigter Verdünnung, auf atmosphärische Temperatur zurück. Ja es muss auch absolut luftleerer Raum Wärme enthalten oder aufnehmen, weil schliesslich auch in dort befindlichen Körpern eine gleichhohe Temperatur, wie aussen, erzeugt wird.

Wäre die jetzige Theorie richtig, so dürfte die Luft bei der Auspumpung ohnehin ihre Temperatur nicht erniedrigen, weil sie bei der Expansion keine Arbeit verrichtet. Sieht man aber hiervon ab, so lässt sich der Vorgang auf die Weise denken, dass erst ein geringer Theil komprimierte Luft in den sogenannten luftleeren Raum tritt und sich im Augenblick expandirend und mit der vorhandenen dünnen Luft von atmosphärischer Temperatur vermengend den sogenannten luftleeren Raum mit Luft erfüllt, die vielleicht $\frac{1}{10}$ Atmosphäre Spannung hat. Diese wenig gespannte Luft wird durch das Nachströmen neuer Luftmassen komprimirt, und dieser Kompressionsprozess wird weiter und weiter fortgesetzt, so dass die mit der Expansion verbundene Kälteerzeugung durch die mit der Kompression verbundene Wärmeerzeugung ausgeglichen wird und demzufolge schliesslich keine Abnahme in der Temperatur zu bemerken ist. Unterstützt würde eventuell die Wärme-

erzeugung, wenn bei der Kompression nicht allein Wärme durch die Verdichtung der Luft, sondern auch durch die Reibung der Moleküle erzeugt würde.

Wenn man sich zwei gleichgrosse Cylinder denkt, den einen mit Luft von 2 Atmosphären Spannung gefüllt und den andern (wie man sagt) luftleer, so findet, wenn beide Cylinder mit einander in Verbindung gesetzt werden, im ersten eine Expansion von 2 auf 1 Atmosphäre und im zweiten eine Kompression von 0 auf 1 Atmosphäre statt. Die Kompression im zweiten Cylinder ist aber ebenfalls eine mechanische Arbeit, welche die Luft im ersten Cylinder bei ihrer Expansion verrichtet, und die mechanische Leistung ist hier der wirkenden Kraft auch adäquat. Vielleicht überzeugt man sich von der Richtigkeit des Gesagten leichter und besser, wenn man annimmt, dass der eine Cylinder gefüllt ist mit Luft von drei Atmosphären, der andere mit Luft von einer Atmosphäre Spannung. Hier findet im ersten Cylinder eine Expansion statt von 3 auf 2, im zweiten eine Kompression von 1 auf 2 Atmosphären.

Aus dem dargestellten Verhältniss ergibt sich aber, dass wenn sich an einem Luftvolumen, das aus zwei vorher getrennten Volumen von verschiedener Spannung, aber von gleicher Temperatur gebildet wird, Expansion und Kompression zu gleicher Zeit vollziehen, im allgemeinen keine Temperatur-Erniedrigung und ebenso keine Temperatur-Erhöhung zu erkennen ist, trotzdem dass die Kompression auf der einen Seite eine mechanische Arbeit ist, welche die Luft auf der andern Seite bei ihrer Expansion verrichtet. Ebenso müsste sich atmosphärische Temperatur wieder herausstellen, wenn ein Luftvolumen erst in zwei Volumen von verschiedener Spannung getrennt und nachher — in oben gedachter Weise — wieder vereinigt wird; wenigstens müsste dies so lange der Fall sein, als auf der einen Seite noch kein Wärmeverlust und auf der andern noch keine Wärmeaufnahme stattgefunden hat. Damit, dass in beiden Fällen Arbeit verrichtet wird, ohne dass die Temperatur sich erniedrigt, ist die Annahme, dass Arbeitsverrichtung ohne Wärmeverlust nicht denkbar sei,

ernstlich in Frage gestellt. Es kann ebenso gut angenommen werden, dass der in andern Fällen scheinbar stattfindende Wärmeverlust lediglich eine Folge der Expansion ist, so wie man die bei der Kompression scheinbar stattfindende Wärme-Erzeugung lediglich als eine Folge der Kompression betrachtet. Der Beweis, dass Luft bei der Expansion ihre Temperatur erniedrigt, auch wenn sie währenddem keine Arbeit verrichtet, dürfte übrigens durch Experiment zu erbringen sein. Wenn die Stange eines niedergehenden Kolbens in einem stehenden, oben geschlossenen, unten offenen Cylinder durch angehängtes Gewicht so beschwert ist, dass der Gegendruck der Atmosphäre nicht mehr in Frage kommt, so wird sich die im Cylinder oberhalb des Kolbens befindliche Luft, die vor Beginn der Expansion, infolge geeigneter Vorkehrung, nur atmosphärische Spannung hat und schon aus diesem Grunde keine Arbeit verrichten kann, nach Massgabe des Kolbenniederganges ausdehnen, ohne dass eine Arbeitsverrichtung stattfindet. Es könnte aber auch so, wenn kein Beweis möglich wäre, schwerlich angenommen werden, dass hier die Luft, trotz der Ausdehnung, ihre Temperatur behält, da in der Natur alle erwärmte atmosphärische Luft ihre Temperatur ohne Arbeitsverrichtung herabsetzt, sobald sie infolge kleineren specifischen Gewichtes in obere Luftregionen emporsteigt und dabei ihr Volumen vergrössert. Insbesondere darf man nicht ausser Acht lassen, dass in einem Cylinder die Kälteerzeugung erst richtig zum Ausdruck kommt, wenn sich Luft darin fortgesetzt expandirt, wie auch die Wärmeerzeugung erst bei fortgesetzter Kompression richtig erkennbar wird. Die Versuche müssen öfter in möglichst schneller Aufeinanderfolge wiederholt werden.

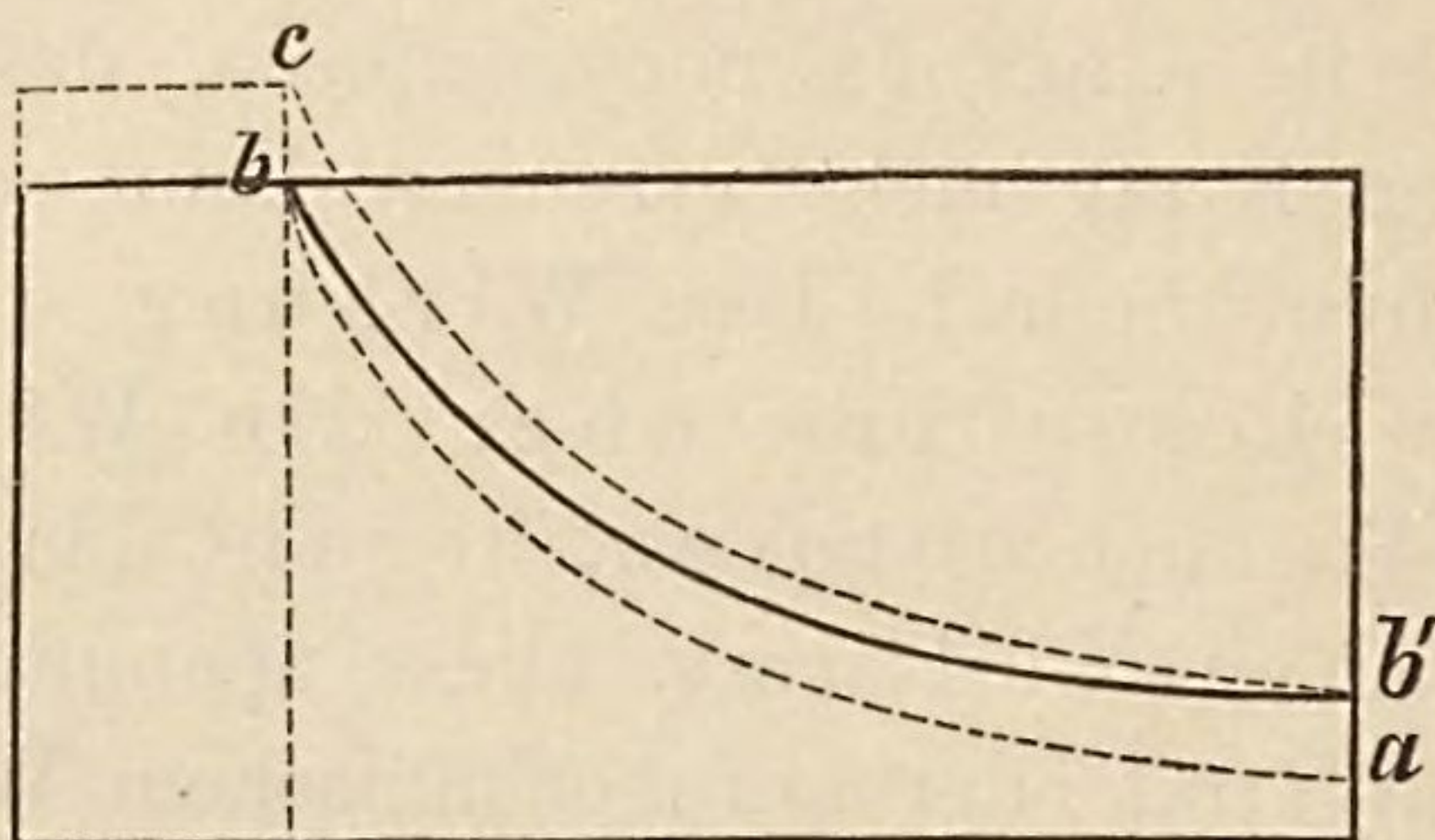
Uebrigens aber brauchen wir nicht zu erörtern, welche Ansicht über die Natur der Wärme die richtige ist, ob sie nach alter Auffassung ein imponderabler, das heisst unwägbarer Stoff ist, der den Körpern in gewisser Masse innewohnt, oder ob sie nach neuer Auffassung zu den Schwingungs-Erscheinungen gehört, weil sie die Moleküle in schwingende Bewegung setzt. In jedem Falle ist es eine unumstössliche Thatsache, dass ein-

geschlossene Luft, wenn sie nicht besonders erwärmt wird, nur ein gewisses Mass Wärme besitzen kann, welches abhängig sein muss von der Aussentemperatur und auch unzweifelhaft zu dem Volumen der Luft oder zu dem Dichtigkeitsgrade, den diese jeweilig besitzt, in naher Beziehung steht. Es kann nicht anders sein, als dass sich mit der Luft auch gewissermassen die Wärme ausdehnt, beziehentlich, dass durch die Ausdehnung der Luft die Wirkung der Wärme auf die Moleküle abgeschwächt oder die Wärme als Kraft auf einen grösseren Raum vertheilt wird, während umgekehrt bei der Kompression ein entgegengesetztes, sonst aber analoges Verhältniss anzunehmen ist.

Demzufolge kann eigentlich nicht gesagt werden, dass es die Wärme ist, die in den sogenannten Wärmemotoren wirkt. Wir haben bereits eingangs nachgewiesen, dass Wärme an sich mechanische Kraft nicht erzeugen kaun, dass sie dazu stets eines Mediums bedarf. Die Wirkung der meisten Motoren, insbesondere aber die Wirkung der sogenannten Wärmemotoren, beruht direkt auf der Spannung eines Mediums. Diese Spannung wird hervorgerufen durch Wärme oder auf mechanischem Wege, und wir müssen daher unterscheiden einmal Wärmespannung, wie zum Beispiel bei erhitzter atmosphärischer Luft, und einmal mechanische Spannung, wie zum Beispiel bei komprimirter Luft von atmosphärischer Temperatur. Neben der Wärmespannung und der mechanischen Spannung giebt es noch eine dritte Art, bei der mechanische Kraft und Wärme oder andere Faktoren zusammenwirken, zum Beispiel wenn Kohlensäure durch mechanische Kraft bei niedriger Temperatur zur Flüssigkeit verdichtet wird, als welche sie nach Aufhebung des mechanischen Druckes wieder in Gasform übergeht oder verdampft. Hierher wäre auch die Spannung der Luft zu rechnen, wenn diese nach vollzogener Kompression sofort benutzt oder später wieder vorgewärmt wird. Die Luft wirkt in solchen Fällen nicht allein infolge ihrer mechanischen Spannung, sondern auch durch die Wärmespannung, die bei der Kompression oder durch die Vorwärmung erzeugt worden ist.

In jedem Falle ist es die Spannung, welche wirkt, und nicht die Wärme. Mechanisch gespannte Luft wirkt auch dann noch, wenn die bei der Kompression erzeugte Wärme wieder verschwunden ist; sie wirkt, weil sie gespannt ist. Der vorausgegangene Wärmeverlust bedingt nur, dass die Expansion, wenn sich dieselbe vollzieht, ohne dass Wärme wieder zugeführt wird, je nach dem Unterschiede in der Temperatur oder je nach der Grösse des vorausgegangenen Wärmeverlustes, nach einer tiefer liegenden Kurve erfolgt.

Bei der Expansion von Luft müssen im ganzen drei Hauptkurven unterschieden werden: die untere adiabatische Kurve *a* die isothermische Kurve *b b'* und die obere adiabatische Kurve *c*, wie in nachstehender Figur:



Man könnte auch die obere adiabatische Kurve kurzweg die obere, die isothermische Kurve die mittlere und die untere adiabatische kurzweg die untere Kurve nennen.

Wird Luft von gewöhnlicher Temperatur komprimirt, so geschieht dies rückwärts von *b'* ausgehend, nach der oberen adiabatischen Kurve *c*, und so lange die komprimierte Luft ihre ganze Kompressionswärme besitzt, erfolgt auch die Expansion vorwärts nach derselben Kurve. Bei vollständiger Expansion besitzt die Luft am Ende wieder atmosphärische Spannung und auch wieder atmosphärische Temperatur. Eine Abweichung ist, wie nochmals bemerkt sei, nur denkbar, wenn bei der Kompression auch Wärme erzeugt wird durch die Reibung der Moleküle. Wird dagegen die komprimierte Luft vor der Expansion auf atmosphärische Temperatur abgekühlt, wodurch die Spannung der Luft von *c* auf *b* zurückgeht, so erfolgt

die Expansion nach der unteren (adiabatischen) Kurve *a*. Dazwischen sind so viele Kurven denkbar, als Temperatur-Unterschiede zwischen gewöhnlicher Wärme und Kompressions-Wärme möglich sind; es kann auch die obere (adiabatische) Kurve *c* durch besondere Wärmezuführung weiter hinaufgerückt und die untere (adiabatische) Kurve *a* durch grössere Wärmeabführung noch weiter herabgedrückt werden. Aber alle Kurven, nach denen sich Luft unter solchen Verhältnissen expandirt, sind adiabatische Kurven. Nach der unteren (adiabatischen) Kurve *a* expandirt sich zum Beispiel Pressluft ohne Vorwärmung, wenn bei ihr die Kompressionswärme schon verloren geht, ehe die Luft in den Cylinder der Pressluftmaschine eintritt. Nach der mittleren (isothermischen) Kurve *b*, *b'* könnte sich mechanisch gespannte Luft von atmosphärischer Temperatur, was Pressluft gewöhnlich ist, nur dann expandiren, wenn ihr vom Beginn der Expansion ab in jedem Moment genau dasjenige Wärmequantum wieder zugeführt würde, was ihr bei der Expansion scheinbar verloren geht, wie auch umgekehrt, bei entsprechender Wärmeabführung, die Kompression eine isothermische sein würde. Diese Wärme-Zu- und Abführung ist aber praktisch, nach genauen Verhältnissen, unmöglich. Ohne Wärmezuführung expandirt sich nach der mittleren (isothermischen) Kurve *b*, *b'* lediglich Luft mit reiner Wärmespannung. Bei dieser nur durch Wärme gespannten Luft ist allerdings die Spannung ausschliesslich von der Wärme abhängig, aber letztere ist immerhin nur die Ursache zur Spannung und als solche die Voraussetzung, unter der sich durch die Spannung eine Wirkung erzielen lässt. Die Wärme ist niemals das Wirkende selbst.

Bei der Kompression von Luft wird entsprechende Wärmespannung als zweites Produkt erzeugt neben mechanischer Spannung. Man kann daher auch sagen, dass bei komprimirter Luft, die ihre ganze Kompressionswärme noch besitzt, das relative, das specifische Aequivalent dem Unterschiede entspricht zwischen der mechanischen Spannung und der Gesamtspannung, beziehentlich dem Unterschiede zwischen der unteren und der oberen (adiabatischen) Kurve.

Anschliessend an diese Darstellungen möchte noch Einiges bemerkt sein über besondere Verhältnisse bei der Dampfmaschine.

Um bei dieser Maschine eine Einrichtung nach bestimmten Principien, beziehentlich eine richtige Beurtheilung zu ermöglichen, hat man nicht allein das Mariotte'sche Gesetz, sondern auch das Gay-Lussac'sche Gesetz, und zuletzt die Theorie vom mechanischen Wärmeäquivalent herangezogen. Für die Dampfmaschine ist aber hauptsächlich nur das Mariotte'sche Gesetz von Wichtigkeit. Das Gay-Lussac'sche Gesetz hat für sie weniger zu bedeuten, weil sich der Dampf infolge seiner Wärmespannung, so lange diese nicht durch schädliche Einflüsse alterirt wird, nach der mittleren (isothermischen) Kurve expandirt. Und ebenso dürfte das mechanische Wärmeäquivalent nicht die grosse Bedeutung haben, die ihm sehr oft beigelegt wird, wenn vom Nutzeffekt oder von der Leistung einer Dampfmaschine die Rede ist.

In jeder Dampfmaschine wirkt der Dampf, der im Kessel durch Wärme erzeugt ist, vermöge seines Ueberdrucks. Bezüglich des Verhältnisses der Temperatur zur Dampfspannung mag bemerkt sein, dass bei abgerundeten Temperaturgraden ein gewisses nothwendiges Verhältniss herauszukommen scheint. Es ergeben sich für:

$\frac{1}{2}$ Atm.	82 Grad Temp.,				
1 „	100 „	„	„	also Zunahme	18 Grad,
2 „	121 „	„	„	„	21 „
4 „	145 „	„	„	„	24 „
8 „	172 „	„	„	„	27 „

Wir erwähnen dieses aber vorläufig nur nebenbei und sehen hier davon ab, wirkliche Schlüsse daraus zu ziehen.

Die Leistung einer Dampfmaschine kann ohne eigentliche Kraftmessung nur auf Grund der drei Faktoren: Anfangsdruck, Enddruck und Widerstand genügend bestimmt werden, wobei in Ansehung der Verbundmaschinen auch jede stattfindende Kompression oder jeder etwa eintretende Druckabfall zu berücksichtigen ist.

Das Temperaturgefälle hat eine Bedeutung für die Dampfmaschine eher insofern, als sich nach ihm die mittlere Temperatur

der Cylinder, Kolben u. s. w. richtet und hiervon wieder die Benutzung möglichst hochgespannter Dämpfe abhängt. Auf Grund des Temperaturgefälles oder mit Hilfe des absoluten Aequivalents lassen sich höchstens allgemeine Vergleiche anstellen, die jedesmal, wenn sie auf einzelne Maschinen bezogen werden, zur Voraussetzung haben, dass die Maschinen nach richtigen Verhältnissen ausgeführt sind und in richtiger Weise arbeiten. Man darf insbesondere, wenn man den Werth der Dampfmaschine durch Vergleichung ihrer Leistung mit dem absoluten Aequivalent ermitteln will, nicht vergessen, dass dabei mit rein theoretischen, in der Wirklichkeit unmöglichen Verhältnissen gerechnet wird. Will man den thatsächlichen Werth der Dampfmaschine wirklich richtig beurtheilen, so muss ihre Leistung verglichen werden mit dem relativen, mit dem specifischen Aequivalent, also mit dem Kraftprodukt, das sich durch eine Kalorie mit Hilfe eines gut geeigneten Mediums gewinnen lässt. —

So viel über die Verhältnisse im einzelnen. Untersuchen wir diese Verhältnisse nochmals auf ihre Quintessenz, so führt dies zu nachstehender Betrachtung.

Man kann annehmen, dass bei der Expansion Dampf und Luft, sobald auch letztere nur durch Wärme gespannt ist, einem und demselben Gesetz folgen.

Wenn ein Volumen Luft sich expandiren soll, ohne dass während der Expansion Wärme zugeführt wird, so muss dieses Volumen schon vor Beginn der Expansion so viel Wärme-Einheiten in sich aufgenommen haben, als am Ende der Expansion zu Erzeugung der Endspannung nöthig sind. Daran, dass dieses Gesetz thatsächlich besteht, ist aus logischen Gründen nicht zu zweifeln, obwohl wir nur Wärmegrade feststellen, nicht aber die Wärme selbst, das heisst die Menge derselben, messen können. Denn wollte man annehmen, dass ein Volumen Luft vor Beginn der Expansion die am Ende derselben zu Erzeugung der Endspannung nöthigen Wärme-Einheiten nicht besitzt, so wäre nicht einzusehen, wie sich die völlige Expansion ohne nachträgliche

Wärmezuführung vollziehen soll. Nun können wir, wie schon gesagt, wohl Wärmegrade feststellen, nicht aber die Wärme selbst, das heisst die Menge derselben, messen. Die in einem Volumen Luft vor Beginn der Expansion enthaltenen Wärmemenge ist daher lediglich durch Berechnung zu finden, soweit es auf Grund der Frage, wie viel Wärme-Einheiten nöthig sind, um Luft bei konstantem Volumen bis zu einem gewissen Grade zu erwärmen, überhaupt möglich ist.

So lange sich die Luft nicht expandirt, aber auch nicht abgekühlt hat, bedingt das Vorhandensein einer grösseren Wärmemenge eine Temperatur, die als Anfangstemperatur über die von der Endspannung bedingte hinausgeht; diese gesteigerte Temperatur wird aber allmählich auf die Endtemperatur zurückgehen, so wie sich in Folge der Expansion die Spannung der Luft vermindert. Setzen wir als Endtemperatur 500 Grad, so wird einerseits die Anfangsspannung dieser Endtemperatur und dem Umfange der Expansion entsprechen, und andererseits wird die Anfangstemperatur zur Endspannung und zu dem Anfangsvolumen in einem kausalen Verhältniss stehen. Die Wärmemenge, die wir als solche nicht erkennen, nicht messen können, ist aber nicht das Produkt aus Spannung und Temperatur; im Gegentheil, sie ist von vornherein einzig das Wirklich-Gegebene. Je nachdem sich die Wärmemenge zu dem Volumen verhält, ist die Spannung und die Temperatur der Luft eine verschiedene. Aber die Wärmemenge selbst ist bei Beginn und am Ende der Expansion und ebenso während des Verlaufs derselben immer die nämliche, wenigstens theoretisch.

Soll eine Luftsäule von 1 Meter Höhe in einer Röhre von 1 Quadratmeter Querschnitt um 0,3665 Meter verlängert werden, so sind dazu 30,9 Wärme-Einheiten erforderlich. Angenommen, dass die Anfangstemperatur der Luft 0 Grad war, so wird ihre Endtemperatur 100 Grad betragen, weil atmosphärische Luft, wenn sie von 0 auf 100 Grad erwärmt wird, sich um 0,3665 ihres Volumens ausdehnt. Denken wir uns nun, dass dieselbe Luftsäule, welche bei 0 Grad Temperatur in der Röhre einen Raum von 1 Kubikmeter einnimmt, schon

vor Beginn der Expansion so weit erwärmt werden soll, dass sie nach der Erwärmung sich um ebenfalls 0,3665 Meter verlängert, so muss die Luft vor der Expansion ebenfalls 30,9 Wärme-Einheiten in sich aufnehmen, woraus zugleich auf Grund des mittleren Druckes das relative, das specifische Aequivalent zu entnehmen ist, welches übrigens bei verschiedener Anfangsspannung verschieden sein muss, weil mit der Anfangsspannung, ebenso wie beim Dampfe, der mittlere Druck entsprechend steigt. Zur Erwärmung derselben Luftsäule von 0 auf 100 Grad wären bei konstantem Volumen, nach Laplace, nur 22 Wärme-Einheiten erforderlich; doch würde auch nach Aufnahme dieser Wärme-Einheiten die Spannung der Luft schon eine wesentlich höhere sein. Nun müssen aber der Luft, wenn sie ihre Expansion bis zu dem angenommenen Punkte vollständig durchführen soll, nicht bloss 22 sondern 30,9 Wärme-Einheiten zugeführt werden, was unmittelbar und unausbleiblich zur Folge hat, dass Spannung und Temperatur noch höher und bis zu einem Punkte steigen, der dem Verhältniss der Wärme-Einheiten zum Volumen entspricht.

Entgegen der bisherigen Annahme, dass sich bei der Expansion die Wärme vermindert, welche Annahme daraus entsprang, dass man die Temperatur mit der Wärme, die Wärmegrade mit der Wärmemenge identificirte, stellt sich also heraus, dass die Wärme (die Wärmemenge) in allen Stadien des Expansionsprozesses die nämliche, die gleiche ist. Es stellt sich weiter heraus, dass durch die Expansion keine Wärme verloren geht, sondern dass nur die Spannung und die Temperatur sich vermindern, weil das Volumen ein grösseres und damit das Verhältniss der Wärme zu dem Volumen ein anderes wird. Man muss also die Vorstellung, dass es die Wärme sei, welche in den sogenannten Wärmemotoren wirkt, wesentlich modificiren, und ferner muss man die Annahme, dass bei der Arbeit Wärme verbraucht oder aufgezehrt wird, gänzlich fallen lassen. Die Wärme ist die Ursache zur Spannung, welche das Wirkende ist, und mit der Spannung

Hand in Hand geht die Temperatur als zweites Ergebniss aus dem Verhältniss der Wärme zum Volumen. Die Wärme muss bis ans Ende der Expansion möglichst erhalten werden, denn jede Wärmeabnahme, jeder Wärmeverlust, bedingt ohne weiteres, also unabhängig von der Expansion, eine Verminderung der Spannung und damit einen Kraftverlust. —

Und auch der Dampf kann in dieser Beziehung keine Ausnahme machen. Ein Unterschied besteht eigentlich nur insofern, als wir den Dampf nicht schon als fertiges Produkt von atmosphärischer Spannung vorfinden, sondern erst durch Wärme erzeugen müssen, weshalb seine Endtemperatur bei gleicher Qualität und gleicher Endspannung immer die gleiche ist. Auch der Dampf muss bei Beginn der Expansion diejenige Wärmemenge enthalten, die er am Ende der Expansion enthalten soll. Danach, wie sich die Wärmemenge zum Volumen verhält, richtet sich auch beim Dampfe die Spannung und die Temperatur, wenn auch theilweise unter besonderen, der Natur des Dampfes entsprechenden Verhältnissen. Im Cylinder einer Dampfmaschine ist also speciell die Wärmemenge massgebend, die der Admissionsdampf besitzt. Ist diese Wärmemenge im Verhältniss zum Volumen gross, wie es der Fall sein muss, wenn der Admissionsdampf einer stark komprimierten Dampfmenge entnommen wird, so ist die Spannung und die Temperatur eine hohe und die Expansivkraft eine bedeutende. Ist die Wärmemenge, infolge geringer Kompression des Kesseldampfes, im Verhältniss zum Volumen klein, so ist die Spannung und alles andere entsprechend niedriger oder unbedeutender.

Vorläufig kann oder mag gesagt werden, dass ein Kilogramm gesättigter oder trockner Dampf bei jeder Spannung eine und dieselbe Wärmemenge enthält. Dass die Temperatur mit der Spannung des Dampfes zunimmt, beruht auf der Volumen-Verminderung durch die Kompression des Dampfes, die sich im Kessel selbst mit der fortgesetzten Dampferzeugung vollzieht, so wie auch bei der Kompression atmosphärischer Luft die Temperatur entsprechend steigt, ohne dass sich behaupten lässt, dass dabei der Wärmegehalt der Luft ver-

grössert wird. Ebenso ist die Thatsache, dass sich mit der Dampfspannung auch die Temperatur des Kesselwassers erhöht, eine natürliche Folge des im Kessel herrschenden Druckes, der eine Dampfbildung nur bei genügender Temperatur zulässt und so im Wasser eine entsprechende Wärmemenge zurückhält. Dieser Druck ist auch die Ursache, dass jede Gewichtsmenge Dampf gleich mit entsprechendem Volumen und entsprechender Temperatur erzeugt wird. Nicht minder hat die Abnahme der Temperatur, so weit sie nicht aus Wärmeverlusten folgt, ihren Grund lediglich in der Volumenvergrösserung, die mit der Expansion des Dampfes verbunden ist.

Wasser, von dem jedes Kilogramm so viel Wärme-Einheiten enthält, wie ein Kilogramm gesättigter oder trockener Dampf, würde demnach, theoretisch genommen, die Fähigkeit absoluter Verdampfung besitzen; es würde, theoretisch genommen, sich nicht nur ganz, sondern auch durchgehends normal¹ verwandeln in Dampf von der höchsten bis zur niedrigsten Spannung, von der höchsten bis zur niedrigsten Temperatur. Aber jedenfalls fände bei ungenügendem Raume nur eine theilweise Verdampfung statt, so gut, wie da, wo das Wasser den ganzen Raum ausfüllt, eine Dampfbildung unmöglich ist. Für die absolute Verdampfung einer Wassermenge dürfte ein gewisses Raumminimum unerlässlich und so auch für die Spannung des Dampfes eine Grenze gezogen sein.

Kommen Wärmeverluste vor, wie es namentlich bei der Expansion des Dampfes geschehen wird, so muss sich, wenn der Dampf nicht überhitzt war, eine entsprechende Dampfmenge kondensiren. Und überhitzter Dampf ist einfach Dampf, bei dem ein Kilogramm mehr Wärme-Einheiten enthält, als ein Kilogramm gesättigter oder trockener Dampf, was bei gewöhnlichen Verhältnissen nur durch besondere Erhitzung ausserhalb des Kessels und mit grösserem Nutzen durch gesteigerte Spannung nur dann zu ermöglichen ist, wenn die zu überhitzende Dampfmenge nicht mehr in Berührung steht mit der Menge des Kesseldampfes. Komprimirter Dampf mit erhöhter Temperatur kann wenigstens so lange, als nicht mit der Ueber-

schreitung des Maximaldruckes besondere Verhältnisse eintreten, als überhitzter Dampf nur gelten in dem Falle, wenn er schon vor der Kompression nicht mehr normale, sondern höhere Temperatur besessen hat, ausgenommen, es würde thatsächlich bei der Kompression auch Wärme erzeugt durch die Reibung der Moleküle. —

Der Unterschied zwischen Anfangs- und Endtemperatur ist dasjenige, was man Temperaturgefälle nennen kann; nur setzt man die Endtemperatur öfter weiter hinaus, als wir es gethan haben, indem man darunter zum Beispiel die Endtemperatur des Auspuff- oder Kondensationsdampfes versteht. Auf den Arbeitsprozess hat das Temperaturgefälle theoretisch gar keinen Einfluss. Höchstens könnte man sagen, dass die Expansion des Dampfes nach der mittleren (isothermischen) Kurve vor sich geht, weil die Spannung immer der Temperatur entspricht. Doch wäre auch dieses schon zu viel gesagt, weil die Temperatur nicht als Ursache der Spannung gelten kann, indem zwar die Spannung ebenso wie die Dampferzeugung von der Wärme ausgeht, aber zugleich ein Ergebniss des Druckes ist, der auf dem Kesselwasser lastet oder den jeder neu entstehende Dampf auf den älteren Kesseldampf ausübt, während die Temperatur von dem Verhältniss der Wärmemenge zum Volumen, beziehentlich von der Qualität des Dampfes abhängt.

Ohne Zweifel hat jede Dampfblase (wenn wir diesen Ausdruck gebrauchen dürfen) je nach der Qualität einen gewissen Wärmegehalt und je nach der Qualität und nach dem Drucke, dem sie ausgesetzt ist, ein gewisses Volumen und eine gewisse Temperatur. Wenn eine Dampfblase bei einer absoluten Spannung von einer Atmosphäre das Volumen x und eine Temperatur von 100 Grad besitzt, so ist es selbstverständlich, dass diese Blase nur entstehen kann, wenn das Wasser ebenfalls 100 Grad Temperatur hat und unter keinem höheren Druck, als dem einer Atmosphäre steht. Könnten wir eine solche Dampfblase in Wasser von 80 Grad Temperatur versetzen, so würde sie ihren gesamten Wärmeüberschuss an das kältere Wasser abgeben und sich ohne weiteres kondensiren. Und dem entsprechend erzeugt Wasser von

80 Grad Temperatur keine Dampfblasen, sobald es unter dem Drucke einer Atmosphäre steht.

Dass bei erhitzter atmosphärischer Luft, wenn die Erhitzung stattfand, ohne dass die Luft ihr Volumen vergrössern konnte, der Wärmegehalt je nach der Spannung verschieden ist, kann unmöglich als Beweis gelten, dass dieses auch beim Dampfe unter wesentlich andern Verhältnissen der Fall sei. Während bei atmosphärischer Luft, sobald nicht nachträglich Wärme zugeführt wird, der Wärmegehalt bei Beginn der Expansion um so grösser sein muss, je höher die Anfangsspannung ist, kann für den Dampf nur folgendes Gesetz gelten: Erstens müssen die von der Qualität des Dampfes am Ende der Expansion bedingten Wärme-Einheiten schon bei Beginn der Expansion vorhanden sein. Zweitens ist auch bei Beginn der Expansion, wenn man von Wärmeverlusten absieht, eine grössere Summe von Wärme-Einheiten nicht erforderlich. Trotzdem besteht, näher betrachtet, kein Unterschied, da auch die Luft, wenn nicht Wärmeverluste vorkommen, ihren anfänglichen Wärmegehalt am Ende der Expansion noch besitzen muss; es lassen sich beide Verhältnisse in das allgemeine Gesetz zusammenfassen: Ohne nachträgliche Wärmezuführung ist der Wärmegehalt eines luft- oder gasförmigen, durch Wärme gespannten Körpers bei Beginn und am Ende der Expansion, theoretisch genommen, gleich. Ja, ein Unterschied bestände auch dann nicht, wenn alle Dämpfe, je nach der Anfangsspannung, verschiedene Wärmemengen enthalten würden; doch müsste in diesem Falle, wie bei erhitzter atmosphärischer Luft, auch die Endtemperatur um so höher sein, je höher die Anfangsspannung war. Beim Dampfe ist aber ein solches Verhältniss im allgemeinen nicht nachzuweisen. Nur ein ähnliches Verhältniss besteht bei überhitztem Dampfe, insofern die Temperatur, also auch die Anfangs- und Endtemperatur, sich bei ihm richtet nicht bloss nach der Grundspannung, das heisst nach der Spannung, die sich ohne Ueberhitzung ergeben würde, sondern auch nach dem Grade der Ueberhitzung.

Dabei ist es keineswegs ausgeschlossen, dass die Steigerung oder die Abnahme der Temperatur, obwohl sie zunächst von dem Verhältniss der Wärmemenge zum Volumen abhängt, je nach der Verschiedenheit der Körper verschieden vor sich geht; zum mindesten regelt sich die Zu- und Abnahme der Temperatur beim Dampfe nach andern Verhältnissen, als bei der Luft. Desgleichen kann aus obigen Umständen nicht gefolgert werden, dass die Temperatur-Veränderungen sich nothwendig proportional zu den Volumen-Veränderungen vollziehen müssen. Man wird zwar bei der Dampfspannung mit Rücksicht auf die Eigenthümlichkeit des Prozesses, durch den die Spannung hervorgebracht und unterhalten wird, davon absehen, ob etwa bei dem Prozesse selbst auch Wärme durch die Reibung der Moleküle erzeugt werden kann; doch ist es immerhin möglich, dass Dampf und Luft, also überhaupt luft- oder gasförmige Körper, bei zunehmender Verdichtung, mehr oder weniger, nach einem progressiven Verhältniss erwärmt werden. Weiter möchte beim Dampfe, wie schon angedeutet, sogar der Qualität, das heisst der grösseren oder geringeren Sättigung, ein gewisser, wenn auch beschränkter oder unbedeutender Einfluss auf die Gestaltung der Temperatur-Verhältnisse zugestanden werden. Und endlich können besondere Verhältnisse vorkommen oder es sind durch die Umstände solche Verhältnisse bedingt hinsichtlich der Wärme-Einheiten, die man braucht, um Dampf zu erzeugen oder luft- und gasförmige Körper zu spannen.

Was speciell den Dampf betrifft, so handelt es sich bei 100 Grad Temperatur einfach um die Erwärmung des Wassers bis zur Dampferzeugung. Ist aber der Dampf auf 2 oder mehr Atmosphären gespannt, so muss auch seine Spannung bis zum Beginn der Ausnutzung erhalten werden. Infolge dessen kann praktisch mehr Wärme gebraucht werden, als theoretisch genommen nöthig ist; es können praktisch, um ein Kilogramm Dampf zu erzeugen und um auch seine Spannung bis zum Beginn der Ausnutzung zu erhalten, mehr Wärme-Einheiten erforderlich sein als genau nach theoretischen Verhältnissen. Dieses Mehr an Wärme-Einheiten ist aber bei

niedriger Dampfspannung belanglos und kann selbst bei der höchsten praktisch brauchbaren Spannung nur eine völlig nebensächliche Bedeutung haben. Auch bleibt es trotzdem nicht weniger richtig, dass ein Kilogramm gesättigter oder trockener Dampf bei jeder Spannung eine und dieselbe Wärmemenge enthält, weil sich mit der Spannung nur das Volumen und die Temperatur, nicht aber die Wärmemenge selbst ändert.

Wenn es, wie man sagt, erwiesen ist, dass um ein Kilogramm Wasser von 100 Grad Temperatur ganz in Dampf zu verwandeln, genau so viel Wärme erforderlich ist, wie man braucht, um $5\frac{1}{2}$ Kilogramm von 0 auf 100 Grad zu erhitzen, so möchte die Zahl der Wärme-Einheiten mit 650 anzunehmen sein. Bei jeder Dampferzeugung entsteht aber zunächst übersättigter oder nasser Dampf, und darum kann ein Kilogramm gesättigter oder trockener Dampf auch mehr als 650 Wärme-Einheiten enthalten. Denn übersättigter oder nasser Dampf hat grösseres specifisches Gewicht, enthält aber nicht die entsprechende Wärmemenge. Er bildet sich erst allmählich um in gesättigten oder trockenen Dampf mit normalen Gewichts- und Wärmeverhältnissen, wie auch dieser Dampf unter besonderen Umständen wieder verwandelt wird in ungesättigten oder überhitzten Dampf, der bei kleinerem specifischen Gewicht einen grösseren Wärmegehalt besitzt. Ebenso kann man annehmen, dass ungesättigter oder überhitzter Dampf, ehe er infolge von Wärmeverlusten zu Wasser verdichtet wird, sich erst in gesättigten oder trockenen Dampf und dann in übersättigten oder nassen Dampf wieder umbildet.

Dampf von beliebiger Spannung hat je nachdem, ob es überhitzter, trockner oder nasser Dampf ist, verschiedenes specifisches Gewicht. Es enthält auch ein Kilogramm überhitzter Dampf mehr Wärme als ein Kilogramm trockner Dampf, und dieser mehr Wärme als ein Kilogramm nasser Dampf. Dagegen bleibt sich der Wärmegehalt einer bestimmten Gewichtsmenge Dampf von beliebiger Qualität bei jeder Spannung, theoretisch genommen, gleich; er nimmt nicht zu und ab mit der Spannung; er ist lediglich abhängig von der Beschaffenheit des Dampfes an sich, ab-

hängig davon, ob der Dampf im gegebenen Moment mehr oder weniger gesättigt ist.

Netto gesättigter oder trockner Dampf, der bei richtigem, der Spannung angemessenen specifischen Gewicht die entsprechende, bei jeder Spannung sich gleichbleibende Wärmemenge enthält, ist eigentlich das, was theoretisch unter „Dampf“ zu verstehen ist; alles andere ist entweder übersättigter oder überhitzter Dampf, wovon ein Kilogramm bei jeder Spannung weniger, respektive mehr Wärme enthält, als dem Dampfe theoretisch zukommt. Die Unterschiede, welche im Wärmegehalt konstatirt werden, ergeben sich aus der Qualität oder werden herbeigeführt durch allmähliche Entwässerung des Dampfes, beziehentlich (infolge von Wärmeverlusten) durch Verminderung der Wärmemenge oder durch theilweise Kondensation; sie sind vorhanden, weil die Qualität ihr Vorhandensein bedingt, oder sie entstehen, weil sich übersättigter Dampf in trocknen Dampf und umgekehrt überhitzter Dampf in trocknen Dampf oder trockner Dampf in übersättigten Dampf verwandelt. Netto gesättigter oder trockener Dampf hat mittleren Wärmegehalt; dagegen muss der Wärmegehalt um so kleiner oder grösser sein, je mehr der Dampf übersättigt oder überhitzt ist.

Man darf von der Annahme ausgehen, dass die Dampfblasen, die sich nach und nach aus einem Kilogramm Wasser entwickeln, bei ihrem Austritt aus dem Kesselwasser kleine Wassertheilchen mit sich fortreissen und so zunächst übersättigten oder nassen Dampf bilden. Dieser Dampf kann sich in netto gesättigten oder trocknen Dampf dadurch umwandeln, dass die anhängenden Wassertheilchen allmählich absickern. Die aus einem Kilogramm Wasser entstehenden Dampfblasen würden hiernach von vornherein die richtige Wärmemenge enthalten. Das grössere specifische Gewicht des übersättigten oder nassen Dampfes lässt sich damit erklären, dass dieser Dampf nicht reiner Dampf ist, sondern sich aus Dampf und Wasser zusammensetzt. Auch ist es selbstverständlich, dass ein Kilogramm übersättigter oder nasser Dampf weniger Wärme besitzt, als ein Kilogramm gesättigter oder trockner Dampf, weil die anhängenden Wassertheilchen als Wasser wiegen,

aber im Verhältniss zum Gewicht viel weniger Wärme enthalten, als der eigentliche Dampf.

Ungesättigter oder überhitzter Dampf könnte im Kessel erst entstehen, wenn alles Wasser in Dampf verwandelt oder die Spannung so weit gestiegen wäre, dass sich Dampfblasen die einem grösseren, als dem herrschenden Drucke zu widerstehen vermöchten, oder eine höhere als die bestehende Spannung besitzen würden, nicht mehr bilden können. Kesseldampf kann so lange, als noch Wasser vorhanden ist und nicht die Dampferzeugung durch die Spannung selbst unterdrückt wird, nur die richtige Wärmemenge in sich aufnehmen, welche diejenige des netto gesättigten oder trocknen Dampfes ist. In allen Fällen, wo Kesseldampf weniger Wärme enthält, als netto gesättigter oder trockner Dampf, kann dies nur eine Folge von Uebersättigung sein. Diese Uebersättigung ist, wie gesagt, zunächst eine Eigenschaft frischer Dämpfe, besonders, wenn sie als Dämpfe von niedriger Spannung mit grösserem Volumen erzeugt werden. Denn jeder Dampf, der infolge des im Kessel herrschenden Druckes gleich als Dampf von höherer Spannung mit kleineren Volumen erzeugt wird, ist von vornherein auch weniger übersättigt, so wie einem kleineren Gegenstand, der aus dem Wasser herausgenommen wird, weniger Wasser anhaftet, als einem von doppelter oder zehnfacher Grösse. Netto gesättigter oder trockner Dampf ist schwer zu erzeugen oder gewissermassen ein Ideal, dem man, wenn die Ausnutzung des Dampfes, namentlich die eines höhergespannten Dampfes verzögert wird, vielleicht nahe kommt, das aber im Ganzen wahrscheinlich selten erreicht wird. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der grösste Wärmegehalt, den Dampf vor der vollständigen Verdampfung des Kesselwassers oder bis zum Eintritt der Maximalspannung besitzen kann, eben derjenige des netto gesättigten oder trocknen Dampfes ist. Ueberhitzung des Kesseldampfes ist beim praktischen Betrieb so gut wie ausgeschlossen, weil jeder Wärmeüberschuss durch neue Dampfbildung absorbirt wird.

Gewöhnlicher Kesseldampf würde auch eine grössere, ihm künstlich imputirte Wärmemenge nicht behalten können, sondern da, wo seine Ausnutzung nicht sofort erfolgt, den Wärmeüberschuss zwar nicht auf einmal, aber doch innerhalb kurzer Zeit an das Kesselwasser abgeben und so ebenfalls neue oder vermehrte Dampfbildung hervorrufen. Wird dagegen ein Theil des Kesseldampfes ausserhalb des Kessels, jedoch nicht als abgesonderte Menge, besonders erhitzt, so verändert sich die Qualität, indem der Wärmegehalt vergrössert wird; die Spannung aber wird die Spannung des Kesseldampfes nicht übersteigen, da auch ungesättigter oder überhitzter Dampf keine höhere Spannung besitzen kann, sobald er mit anderem Dampfe zusammen eine einzige Dampfmenge bildet. —

Bis ans Ende der Expansion besitzt jedenfalls Dampf seinen vollen Wärmegehalt eigentlich nie. Treten aber Wärmeverluste ein, so muss sich eben eine entsprechende Dampfmenge kondensiren oder doch, wenn der Dampf überhitzt war, die Spannung vermindern, so dass auch hier jeder Wärmeverlust einen Kraftverlust involvirt. Dieser Kraftverlust findet nach Umständen schon im Kessel statt. Nehmen wir an, dass ein Kessel 5 Kilogramm Dampf à 650 Wärme-Einheiten enthält, so beträgt die gesammte Wärmemenge, die der Dampf in sich aufgenommen hat, 3250 Einheiten. Gesetzt nun, diese Wärmemenge sei um 650 Einheiten zurückgegangen. Es ist klar, dass die nach Abgang dieser Wärme verbleibenden 2600 Einheiten eigentlich nur noch ausreichen für eine Dampfmenge von 4 Kilogramm. Wenn es keine Unterschiede in der Qualität gäbe, müsste sich ein Kilogramm Dampf als Kondensationswasser mit dem Kesselwasser wieder vereinigt haben; jedenfalls aber hat der übrig gebliebene Dampf seine Qualität verändert, seine Spannung und seine Temperatur erniedrigt. Und weiter ist die Temperatur des Kesselwassers, dessen Abkühlung gleichen Schritt hält oder indirekt erst die Verminderung der im Dampfe enthaltenen Wärme zur Folge hat, entsprechend gesunken.

Wird hochgespannter Dampf in einen theilweise mit

Wasser von niedriger Temperatur gefüllten Raum gelassen, so wird sich so lange Dampf kondensiren, bis Dampf und Wasser gleiche Temperatur haben. Der Dampf wird aber während seiner theilweisen Kondensation ebenfalls seine Qualität verändern, seine Spannung und seine Temperatur erniedrigen. Eine theilweise Verdampfung des Wassers findet in diesem Falle nicht statt; der Dampf wird vielmehr mit dem Eintritt von Wärmeverlusten eine weitere Kondensation erleiden. Dampfbildung ist an sich, besonders aber im geschlossenen Raume nur möglich, wenn das Wasser fortgesetzt neue Wärme in sich aufnimmt. Im geschlossenen Raume muss die Temperatur des Wassers, mehr als in offenen Gefässen, das Bestreben haben, eine Steigerung durchzusetzen oder über die Temperatur des Dampfes hinauszugehen. Allerdings entsteht im geschlossenen Raume, sobald das Wasser mehr als Siede - Temperatur hat, bei Ablassung des Dampfes auch Dampfentwicklung, wenn eine weitere Zuführung von Wärme nicht erfolgt; sie entsteht aber nur, weil der auf dem Wasser lastende Druck plötzlich vermindert wird. Bei konstantem Druck ist eine Dampfbildung ohne neue Wärmezuführung völlig ausgeschlossen.



Freie und gebundene Wärme.

So wie man allgemein von freien und gebundenen Kräften spricht, so wird auch freie und gebundene Wärme unterschieden; doch bleibt es vorläufig eine offene Frage, ob und in welchen Fällen die Wärme wirklich gebunden, das heisst ganz oder theilweise in einen Zustand der Unthätigkeit versetzt wird. So wie es den Anschein hat, möchte man glauben, dass viele Körper, namentlich aber brennbare Stoffe, grössere Mengen gebundene Wärme enthalten müssen. Insbesondere liegt es nahe, dass bei gewissen Prozessen, wie zum Beispiel bei dem Wachsthum der Pflanzen, Wärme gebunden wird, so dass Kohlenstoff und andere verwandte Stoffe eine sehr grosse Menge gebundene Wärme enthalten könnten. Ferner wird angenommen, dass Wärme gebunden wird: erstens, wenn feste Körper schmelzen; zweitens, wenn flüssige Körper in luft- oder gasförmige verwandelt werden, und drittens wenn luft- oder gasförmige Körper ihr Volumen vergrössern, sich ausdehnen oder expandiren.

Ein gewöhnliches Beispiel von Wärmeverbindung ist folgendes. Wenn ein Kilogramm Eis von 0 Grad Temperatur durch ein Kilogramm Wasser von 79 Wärmegraden geschmolzen wird, so erhält man 2 Kilogramm Wasser von 0 Grad Temperatur. Hier, sagt man, ist die ganze freie oder sensible Wärme gebunden worden. Es könnte aber das zur Schmelzung benutzte Wasser auch 79 Wärme-Einheiten verloren und das Eiswasser 79 Wärme-Einheiten in

sich aufgenommen haben. Jedenfalls muss man „Wärme“ und „Temperatur“ als besondere Begriffe auffassen, sonst ist es unmöglich, sich in dem Labyrinth der Wärmetheorie zurecht zu finden. Wärme ist stets, Wärme ist überall vorhanden, nur je nachdem, an einem Orte mehr, am andern weniger. Wir sagen die Wärme ist eine Kraft. Dagegen ist die Temperatur ein physikalischer Zustand, in den die einzelnen Körper durch die Wärme versetzt werden. Kälte als Kraft oder als Widerpart der Wärme kommt in der Wirklichkeit nicht vor. Was wir Kälte nennen, ist ein Begriff, den der Mensch besonders geschaffen hat, ebenso geschaffen hat, wie die Kälte- und Wärme-Skala, ebenso wie den untersten Gefrierpunkt. Wir können nicht annehmen, dass ein Körper ganz ohne Wärme sei, das heisst ganz ohne die Kraft, von der seine Temperatur erzeugt und geregelt wird; wir sind absolut ausser stande, eine solche Annahme zu akzeptiren, selbst wenn sich die Temperatur eines Körpers in der Nähe des untersten Gefrierpunktes bewegen sollte.

Daher ist es recht gut möglich, dass ein Kilogramm Eis von 0 Grad Temperatur 79 Wärme-Einheiten weniger enthält, als ein Kilogramm Wasser, dessen Temperatur die gleiche ist. Zwar bezeichnet man in der gewöhnlichen Kälte- und Wärme-Skala die Grenze zwischen Kälte und Wärme mit Null und betrachtet die Wärmemenge, die nöthig ist, um ein Kilogramm Wasser von 0 auf einen Grad zu erwärmen, als Wärme-Einheit; aber gleichwohl müssen wir daran festhalten, dass auch Wasser von 0 Grad Temperatur Wärme enthält, wenn wir auch diese Wärme nicht messen oder sonst ihr Quantum nicht ermitteln können. Ebenso ist in einem Kilogramm Eis von 0 Grad Temperatur Wärme enthalten; das Wärmequantum ist aber hier um die Wärme geringer, die man braucht, um ein Kilogramm Wasser von 0 auf 79 Grad zu erwärmen. Würden obige 2 Kilogramm Wasser von 0 Grad Temperatur gefrieren, so müssten zweimal 79 zusammen 158 Wärme-Einheiten frei werden. Zum leichteren Verständniss sollte eigentlich gesagt werden: Ein Kilogramm Wasser von 0 Grad Temperatur besitzt x Wärme-Einheiten, während ein Kilo-

gramm Wasser von 79 Wärmegraden mit 79 Einheiten Plus und ein Kilogramm Eis von 0 Grad Temperatur mit 79 Einheiten Minus in Frage kommt, das heisst so viel mehr, beziehentlich weniger Wärme enthält, als ein Kilogramm Wasser von 0 Grad Temperatur.

Das Gesetz, nach dem sich der Wärmegehalt und die Temperatur der einzelnen Körper regelt, beruht auf ihrer Wärme-Kapazität. So gut man annimmt, dass beim Schmelzen fester Körper oder beim Verdampfen von Flüssigkeiten Wärme gebunden wird, ebenso gut könnte gesagt werden, dass sich dabei die Wärme-Kapazität verändert. Ob wir beim Wasser wenn dasselbe verdampft, es als Thatsache hinstellen, dass Wärmebindung stattfindet, oder ob wir behaupten, dass die Wärme-Kapazität des Dampfes eine höhere ist, als die des Wassers, kommt schliesslich auf eins hinaus. Was aber mehr für das letztere spricht, ist der Umstand, dass die Wärme-Kapazität des Dampfes nicht bei jedem Verhältniss die nämliche sein kann, da alles darauf hinweist, dass sie gesteigert wird, so wie der Dampf durch Ausdehnung sein Volumen vergrössert. Die Wärme-Kapazität aller Körper, die durch den Einfluss der Wärme, oder auch ohne diesen, eine Vergrösserung des Volumens erfahren, ist verschieden, wie ihre Dichtigkeit. Nimmt infolge von Expansion die Dichtigkeit eines Körpers ab, wie es besonders bei luft- oder gasförmigen Körpern der Fall ist, so nimmt die Wärme-Kapazität entsprechend zu.

Wenn wir davon absehen, dass bei der Unmöglichkeit einer direkten Wärmemessung der absolute Wärmegehalt eines Körpers nicht zu ermitteln ist und einfach annehmen, dass ein Kilogramm Dampf von gewisser Qualität 660 Wärme-Einheiten enthält, was wir den relativen Wärmegehalt nennen können, so ergiebt sich je nach der Temperatur, die bei der Expansion des Dampfes abnimmt, für 150 Grad eine (relative) Wärme-Kapazität von 4,4 für 100 Grad eine solche von 6,6. Diese Wärme-Kapazität hat aber nichts gemein mit derjenigen, die sich herausstellen würde, wenn man zum Beispiel Dampf von 100 Grad Temperatur durch besondere

Wärmezuführung um einen Grad weiter erhitzen wollte. Diese letztere Kapazität möchte im Gegensatz zur inneren, bei der sich bloss das Volumen ändert, als die äussere Wärme-Kapazität des Dampfes bezeichnet werden, die eine Vermehrung des Wärmegehaltes zur Voraussetzung hat.

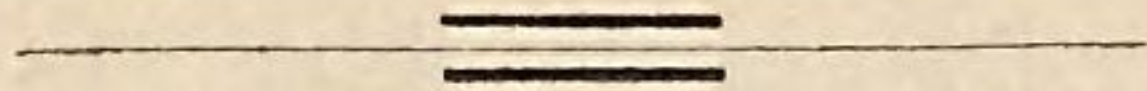
Um die Verhältnisse, die beim Eise, beim Wasser und beim Dampfe massgebend sind, richtig zu beurtheilen, muss man davon ausgehen, dass erstens Eis im Verhältniss zu Wasser und Dampf die niedrigste Wärme-Kapazität hat, dass zweitens Eis beim Schmelzen zu Wasser wird und dieses eine höhere Kapazität als Eis besitzt, dass drittens Wasser, wenn es auf die nöthigen Grade erhitzt und dann der Raum, den es einnimmt, allmählich vergrössert würde, sich nach Massgabe der Raumverhältnisse (vorausgesetzt, dass Wärmeverluste ausgeschlossen wären) zunächst theilweise in ungesättigten oder überhitzten Dampf, zuletzt aber ganz in netto gesättigten oder trocknen Dampf von der höchsten bis zur niedrigsten Spannung mit stetig steigender Kapazität verwandeln müsste. Es giebt unzweifelhaft, sobald man Wärmeverluste als ausgeschlossen ansieht, einen Punkt, wo erhitztes Wasser so viel Wärme in sich aufgenommen hätte, dass es bei entsprechenden Raumverhältnissen völlig in netto gesättigten oder trocknen Dampf von der höchsten Spannung verwandelt würde, und es wäre nicht einzusehen, warum es sich unter gleichen, beziehentlich entsprechenden Verhältnissen nicht auch völlig in netto gesättigten oder trocknen Dampf von der niedrigsten Spannung verwandeln sollte.

Dafür, dass die sogenannte Wärmebindung in gewissen Fällen nur die Folge einer erhöhten Wärme-Kapazität ist, spricht auch die Thatsache, dass schmelzende Körper oder verdampfende Flüssigkeiten nur so lange Wärme binden können, als der Schmelz- oder Verdampfungs-Prozess im Gange ist, das heisst nur so lange, als aus einem festen oder flüssigen Körper ein flüssiger, beziehentlich luft- oder gas-

förmiger mit höherer Wärme-Kapazität gebildet wird. Wenn ein Quantum Eis erst vollständig geschmolzen ist, so wird sich bei weiterer Wärmezuführung die Temperatur des Schmelzwassers sofort erhöhen. Das Nämliche ist der Fall, wenn eine Quantität Wasser bei zulänglichen Raumverhältnissen vollständig in Dampf verwandelt und dann dem Dampfe noch weitere Wärme zugeführt wird. Hier müsste schon im Kessel überhitzter Dampf entstehen. Und ebenso müsste Ueberhitzung eintreten, wenn die Dampfspannung bei gewöhnlichem Wasserstand bis zur Maximalhöhe gesteigert würde. Denn wenn auch netto gesättigter oder trockner Dampf vielleicht etwas mehr oder höheren Druck verträgt, als übersättigter oder nasser Dampf, so müsste doch auch bei netto gesättigtem oder trockenem Kesseldampfe, sobald das Maximum des Druckes erreicht wäre, einerseits fortgesetzte theilweise Kondensation und andererseits Ueberhitzung des Dampfes stattfinden.

Als Wesentliches ergibt sich aus dem Dargestellten Dreierlei ganz von selbst. Erstens, dass mindestens in gewissen Fällen, wenn wir unter Gebundensein einen Zustand der Unthätigkeit verstehen wollen, die sogenannte gebundene Wärme nicht wirklich gebunden ist. Zweitens, dass bei gleichbleibender thätiger Wärmemenge die Temperatur eine verschiedene ist, eine fallende bei der Expansion, eine steigende bei der Kompression. Drittens, dass die thätige Wärmemenge verschieden sein müsste, zunehmend bei der Expansion, abnehmend bei der Kompression, wenn die Temperatur auf gleicher Höhe verbleiben soll. Aber selbstverständlich lässt sich die Wärme-Zu- und Abführung, wie sie Punkt 3 voraussetzt, praktisch nach genauen Verhältnissen nicht bewerkstelligen, abgesehen davon, dass beim Dampfe von einer Wärme-Entziehung nur die Rede sein kann, wenn der Dampf überhitzt ist, weil bei nicht überhitztem Dampfe jede Wärme-Entziehung eine theilweise Kondensation zur Folge hätte. Auch dürfte es richtig sein, die Bezeichnung „latente oder gebundene Wärme“ gegenüber der freien oder sensiblen Wärme beizubehalten. Könnten wir

nachweisen, dass es Körper giebt, deren Wärmegehalt sich zum Theil in einem Zustand der Unthätigkeit befindet, so wäre dieser Theil des Wärmegehaltes als absolut gebundene Wärme zu bezeichnen, zum Unterschied von thätiger aber scheinbar verschwundener Wärme, die man als relativ gebundene Wärme betrachten kann.



Wärme und mechanische Kraft.

Nach der jetzigen Wärmetheorie nimmt man an, dass keine Kraft wirklich verschwindet; man glaubt, dass Kraft sich umsetzt in andere Kraft. In dem Kreislaufe, der sich aus dieser fortgesetzten Kraftveränderung ergeben müsste, bildet die mechanische Kraft einen Angelpunkt, um den sich ein grosser Theil des Gesamtprozesses bewegt, indem sich Wärme, Elektricität u. s. w. in mechanische Kraft und letztere wieder in Wärme, Elektricität u. s. w. verwandeln soll.

Stellt man aber speciell die Frage auf, wie verwandelt sich Wärme in mechanische Kraft, so möchte erst untersucht werden, was mechanische Kraft denn eigentlich ist, und damit berührt man den heikelsten Punkt der jetzigen Wärmetheorie.

Sehen wir uns nach vorhandenen Kräften um, so sind es Menschenkräfte, thierische und Naturkräfte, die wir erkennen können. Zu den letzteren zählen wir die Gravitation, die Wärme, die Elektricität u. s. w. Eine specifisch mechanische Kraft aber, die an sich oder mit Hilfe besonderer Vorrichtungen mechanische Wirkungen hervorbringt, wie es durch die Gravitation, die Wärme, die Elektricität u. s. w. geschieht, erkennen wir nicht.

Wenn wir einen Stein in die Höhe werfen, so ist es Menschenkraft, welche den Stein in Bewegung setzt. Die Kraft des Menschen oder ein Theil derselben ist einfach auf den Stein übertragen worden; wir haben lediglich eine Transmission von Menschenkraft vor uns und nennen die so über-

tragene Kraft, der kürzeren Bezeichnung wegen, lebendige Kraft. Ist diese Kraft durch den Widerstand der Luft und die Gegenwirkung der Gravitation erschöpft, so fällt der Stein zur Erde zurück; der Prozess ist abgewickelt; er lässt auch nichts zurück, nichts, was in andere Kraft könnte umgesetzt werden, nichts, was sich für späteren Gebrauch konserviren liesse. Die Behauptung, es werde durch die Bewegung des Steines so viel Wärme erzeugt, dass man, wenn sie nutzbar zu machen wäre, im stande sein würde, dieselbe Wirkung nochmals hervorzubringen, ist ebenso unerwiesen, wie die Behauptung, dass sich die Muskelkraft des menschlichen Armes in Wärme verwandelt habe. Setzen wir ein Göpelwerk durch thierische Kraft in Umdrehung, so ist es thierische Kraft, welche eine Wirkung hervorbringt, welche bewirkt, dass das Göpelwerk umgedreht wird. Ob der Göpel belastet ist, ob nicht, ob bei der Umdrehung des Göpels eine Arbeit verrichtet wird, ob nicht, ist an und für sich völlig gleichgiltig, ebenso, wie bei Dampf- und Luftmaschinen die Belastung des Kolbens oder die Arbeitsverrichtung für die Gestaltung der Temperatur-Verhältnisse ohne Bedeutung ist. Der Mechanismus des Göpelwerkes kann mechanische Kraft oder überhaupt Kraft nicht erzeugen; er muss umgedreht werden, und was man dabei an Kraft erspart, setzt man bekanntlich am Wege zu. Wo aber Menschen- und Thierkräfte nicht in Frage kommen, werden als erste Ursachen mechanischer Wirkungen stets die gewöhnlichen Naturkräfte ermittelt werden — niemals eine specifisch mechanische Kraft.

Als erste Ursache mechanischer Wirkungen tritt in sehr vielen Fällen die Wärme auf. Statt dass man aber einfach sagt, dass die Wärme Dämpfe oder Gase erzeugt und luft- oder gasförmige Körper spannt und dadurch mechanische Wirkungen hervorbringt, statt dessen legt man ihr eine ebenso geheimnissvolle, wie wunderbare Qualifikation bei, sie soll sich selbst in — mechanische Kraft verwandeln. Gewöhnlich sagt man, es brauche in dieser Beziehung nur auf die Dampfmaschine, die Gas- und Heissluftmaschine verwiesen zu werden, die man als Wärmemotoren bezeichnet. Auch ein Geschütz

ist aber schliesslich ein Motor, ein Beweger, und nach jetziger Auffassung sogar ein Wärmemotor. Man müsste also auch bei ihm die Annahme gelten lassen, es werde das Geschoss durch die im Geschützlaufe erzeugte Wärme und keineswegs durch die Spannung der erzeugten Gase fortgetrieben; man müsste auch hier die Annahme aufrecht erhalten, dass die in der Wärme enthaltene Arbeit an das Geschoss abgegeben wird oder richtiger, dass sich ein Theil der Wärme (warum nicht die ganze) in — mechanische Kraft verwandelt. Wie gross könnte dieser Wärmethail sein und wie viel Kraft wäre durch ihn zu gewinnen? Könnte man aber diesen Wärmethail auch sicher bemessen und würde thatsächlich mit entsprechender Kraft wieder genau dieselbe Wärmemenge erzeugt, wie manche es annehmen, so wäre doch, allgemein genommen, die Kraft, durch welche die Wärme wieder hervorgebracht wird, nicht immer dieselbe Kraft, es wäre in vielen Fällen — andere Kraft, andere mechanische Kraft, die man in der Natur nicht aufgespeichert vorfindet, sondern erst wieder durch Naturkräfte, durch Menschen- oder Thierkräfte erzeugen müsste. Ein Kreislauf der Kraft lässt sich aus solchen Vorgängen nicht konstruiren.

Das, was wir mechanische Kraft nennen, ist eigentlich nirgends vorhanden; es ist ebenso, wie der unterste Gefrierpunkt, ebenso, wie das absolute mechanische Wärme-Aequivalent, ein eingeschobener rein theoretischer Begriff. Der Begriff „Mechanische Kraft“ macht es uns möglich, mechanische Vorgänge kürzer und anschaulicher zu beschreiben. Aber eine besondere Kraft, die wir als specifisch mechanische Kraft bezeichnen könnten, giebt es nicht; es giebt nur mechanische Wirkungen, durch Naturkräfte, Menschen- oder Thierkräfte hervorgebracht.

In mechanische Kraft umgesetzt wird die Wärme weder in der Dampfmaschine, noch in der Gas- oder Heissluft-Maschine, noch etwa beim Ausbruche eines Vulkans, und ebenso wird keine Wärme verbraucht. Die Wärme bildet die Ursache, dass Dämpfe oder Gase erzeugt, beziehentlich die Luft oder die Gase gespannt werden; sie bleibt aber im übrigen Wärme, bleibt was sie ist, selbst dann noch, wenn

sie für den besonderen Zweck (wie theilweise bei der Dampfmaschine) durch Ausstrahlung oder Ableitung verloren geht.

So lange man glauben konnte, dass das Temperaturgefälle einer Dampfmaschine zu der Arbeitsleistung in direkter Beziehung stehe, so lange konnte man bei dieser Maschine für eine verschieden grosse Arbeitsleistung auch eine verschieden grosse Kraftquelle vindiciren. Die Erfahrungen beim Dampfbetriebe sprechen aber dagegen, dass die Erzeugung höhergespannter Dämpfe eine grössere Wärmemenge erfordert. Es mag ja sein, dass bei einzelnen Versuchen zu Erzeugung eines höhergespannten Dampfes mehr Kohle verbraucht wird; es mögen auch sonst, infolge der grossen Schwierigkeiten, welche genauen Ermittlungen entgegenstehen, und infolge der Unvermeidlichkeit von Wärmeverlusten, abweichende Resultate erzielt werden. Dagegen verhält es sich bei kontinuierlichem Betriebe gewöhnlich anders. Man kann es hier, besonders beim Grossbetriebe, im allgemeinen als Regel ansehen, dass ein Kilogramm Kohle bei verschiedener Spannung des Kesseldampfes, aber unter sonst gleichen Verhältnissen, dieselbe Wassermenge verdampft.

Und ebenso wird kein Beweis erbracht werden, dass höhergespannter Dampf bei gleicher Qualität mehr Wärme-Einheiten enthält. Für netto gesättigten oder trocknen Dampf ist der nämliche Wärmegehalt anzunehmen, gleichviel, ob der fragliche Dampf direkt im Kessel erzeugt wird oder ob er mit, respektive ohne Arbeitsverrichtung und mit, respektive ohne Expansion aus überhitztem Dampfe (infolge von Wärmeverlusten) entstanden ist. Es kann auch nicht behauptet werden, dass Dampf, der ohne Expansion arbeitet, einen Wärmeverlust durch andere Ursachen, als durch Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme zu erleiden hat; insbesondere kann nicht bewiesen werden, dass durch Arbeitsverrichtung eine Verminderung des Wärmegehaltes herbeigeführt wird.

Gesetzt, dass Wärmeverluste durch Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme unmöglich wären, und angenommen, dass unter solchen Verhältnissen Dampf von beliebiger

Spannung ohne Expansion arbeitet, so muss der Dampf vor und nach der Arbeit die gleiche Wärmemenge enthalten; er muss die gleiche Wärmemenge enthalten, weil ohne sie die gleiche Spannung oder der ungestörte Fortbestand der gesamten Dampfmenge nicht möglich ist. Was aber bei gleichgespanntem Dampfe eine unbestreitbare Thatsache ist, muss für Dampf, der sich während der Arbeitsverrichtung expandirt, nothwendig Gesetz sein, da nicht zu ermitteln ist, durch welchen besonderen Einfluss sich bei der Expansion die Wärmemenge vermindern soll. So unzulässig die Annahme ist, dass Dämpfe, die mit gleicher Spannung arbeiten, einen Wärmeverlust durch Arbeitsverrichtung erleiden, so unzulässig ist diese Annahme bei Dämpfen, die sich während der Arbeitsverrichtung expandiren. Es muss auch hier als Thatsache gelten, dass jede Verminderung des Wärmegehaltes durch Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme veranlasst wird.

Diese Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme ist bei Dämpfen, die sich expandiren, schon an sich entschieden bedeutender, als bei Dämpfen, die mit gleicher Spannung arbeiten. Unter gewöhnlichen Verhältnissen muss daher bei der Expansion erst recht eine gewisse Dampfmenge kondensirt werden, die nicht ersetzt wird. Und aus diesem Grunde muss dann wieder die Spannung des Dampfes aussergewöhnlich abnehmen, so dass der praktische Nutzeffekt hinter dem theoretischen zurückbleibt. Bei Maschinen, die mit gleichgespanntem Dampfe arbeiten, sind zwar ebenfalls Wärmeverluste durch Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme nicht ausgeschlossen; der Dampf, welcher sich kondensirt, wird aber hier durch Nachschub vom Kessel aus ersetzt und so die Spannung eher auf annähernd gleicher Höhe erhalten.

Müssen wir, wie schon theilweise gesagt, zugestehen:

1. dass es Dämpfe giebt von gleicher Spannung oder gleicher Temperatur, aber von verschiedener Qualität, indem man innerhalb der beim Dampfe gezogenen Grenzen mit Dampf von beliebiger Qualität durch Volumenveränderung jede beliebige

Spannung und jede beliebige Temperatur erzeugen kann, auch wenn infolge verschiedener Qualität bei gleicher Spannung nicht die gleiche Temperatur zu erzielen ist;

2. dass ein Kilogramm netto gesättigter oder trockner Dampf dieselbe Wärmemenge enthält, gleichviel ob der fragliche Dampf direkt im Kessel erzeugt wird oder ob er mit, respektive ohne Arbeitsverrichtung und mit, respektive ohne Expansion aus überhitztem Dampfe (infolge von Wärmeverlusten) entstanden ist;
3. dass der Dampf nach Umständen vor der Ausnutzung durch Absickerung mit fortgerissener Wassertheilchen allmählich entwässert wird, soweit er nicht, infolge des im Kessel herrschenden Druckes, gleich als Dampf von höherer Spannung mit kleinerem Volumen und demzufolge mit weniger Uebersättigung erzeugt wird;
4. dass Dampf von beliebiger Qualität, der mit gleicher Spannung arbeitet, einen Wärmeverlust nur durch Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme erleiden kann;
5. dass auch bei der Expansion nur Dampf kondensirt wird, sobald sich der Wärmegehalt unter den des netto gesättigten oder trocknen Dampfes, respektive an sich gegen den anfänglichen Wärmegehalt vermindert hat;
6. dass auch bei der Expansion die Verminderung des Wärmegehaltes, beziehentlich die Kondensation, sich vollzieht nach Massgabe von Wärmeverlusten, die durch Ausstrahlung oder Ableitung der Wärme entstehen — so müssen wir auch zugeben:
7. dass ein Kilogramm Dampf, nicht je nach der Spannung, sondern je nach der Qualität, eine gewisse Wärmemenge enthält, die bei jeder Spannung theoretisch gleich ist, weil an sich mit der Kompression, und ebenso mit der Expansion, keine Veränderung der Qualität verbunden ist;
8. dass bei gleichbleibender Qualität (diesen Fall als möglich vorausgesetzt) die Temperatur mit der Spannung steigt oder fällt, nicht etwa weil der Wärmegehalt zu- oder abnimmt, sondern weil die Temperatur zunächst

abhängt von dem Verhältniss der Wärmemenge zu dem Dampfvolumen;

9. dass sich die *Q u a l i t ä t* durch allmähliche Entwässerung des Dampfes, beziehentlich (infolge von Wärmeverlusten) durch Verminderung der Wärmemenge oder durch theilweise Kondensation so verändern kann, dass übersättigter Dampf in trocknen Dampf und umgekehrt überhitzter Dampf in trocknen Dampf oder trockner Dampf in übersättigten Dampf verwandelt wird; dass aber
10. die Verminderung der Wärmemenge oder die theilweise Kondensation, ebenso wie jede damit verbundene *S p a n n u n g s - A b n a h m e*, nicht von Wärmeverlusten herrührt, die durch Arbeitsverrichtung entstehen sollen, und also Arbeitsverrichtung auch keine Verminderung des Wärmegehaltes zur Folge hat.

Nach allem kann nicht bestritten werden, dass die Verhältnisse bei der Dampfmaschine in vieler Beziehung günstig liegen. Bei Erhitzung atmosphärischer Luft käme zum Beispiel eine volle Leistung nur dann heraus, wenn die gesammte Wärmezuführung bei jeder einzelnen Arbeitsverrichtung vor Beginn der Arbeit erfolgen würde, was praktisch unmöglich ist; der Dampf dagegen enthält von vornherein die volle Wärmemenge. Es muss daher die Dampfspannung (richtige Steuerung vorausgesetzt) bei Beginn der Arbeit am grössten sein und, wenn man von Wärmeverlusten absieht, im Verhältniss zur Spannung eine volle Leistung erzielt werden. Dieser Umstand fällt um so mehr ins Gewicht, als Wärmeverluste bei erhitzter atmosphärischer Luft mit ihrer wesentlich höheren Temperatur und besonders mit Rücksicht auf die unentbehrliche Abkühlung nichts weniger als ausgeschlossen sind. Im übrigen aber müssen wir zugestehen, dass man auch in der Dampfmaschine durch die Expansion verschieden gespannter Dämpfe, infolge des mit der Anfangsspannung steigenden mittleren Druckes, mit derselben Wärmemenge eine verschieden grosse Arbeitsleistung erzielen kann, dass eine Kalorie, verwendet auf die Erzeugung gespannter Dämpfe, einer verschieden grossen Arbeitsmenge äquivalent ist,

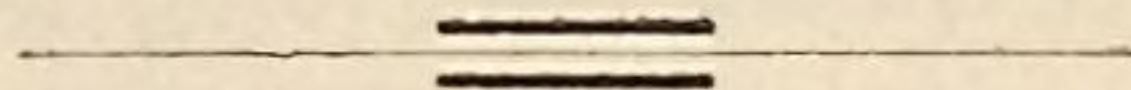
Und dieses Zugeständniss entspricht schlechterdings nicht dem Bilde, das man sich bisher von der Wärme und ihrem Verhältniss zur mechanischen Arbeit gemacht hat, weil man damit anerkennt, dass für den Wirkungsgrad nicht die Wärme, sondern die Spannung das Entscheidende ist. —

So wie aber Wärme nicht umgesetzt wird in mechanische Kraft, so kann auch durch mechanische Kraft, die es eigentlich nicht giebt, keine Wärme erzeugt oder mechanische Kraft nicht in Wärme verwandelt werden. Ein öfter angewendetes Mittel, Wärme zu erzeugen, ist die Verdichtung atmosphärischer Luft, indem man Luft in einem unten geschlossenen Cylinder durch die Niederstossung eines dichtschiessenden Kolbens zusammenpresst. Hier müsste also, wenn sich mechanische Kraft, worunter wir uns jede beliebige Kraft denken, die mechanische Wirkungen hervorbringt, in Wärme verwandeln soll, zunächst (während der Niederstossung des Kolbens) eine ausserhalb des Cylinders thätige Kraft (wenn es nicht etwa schon Wärme ist) in Wärme umgesetzt werden, in Wärme, die sich dann (nach der Niederstossung des Kolbens) in der Luft innerhalb des Cylinders (in völlig geschlossenem Raume) vorfindet. Das wäre im letzten Punkte ein unmögliches Eskamoteurstück; im Ganzen aber wäre es ein Akt, wie ihn nur ein Weltenschöpfer begehen könnte; es wäre ein Wunder — und als solches gerade das, was die Wissenschaft am meisten verpönt. —

Beim besten Willen lässt sich erstens nichts anderes annehmen, als dass die eingeschlossene Luft, je nach ihrer Temperatur und ihrem Volumen, ein gewisses Mass Wärme besitzt, das durch die Verdichtung der Luft mehr oder weniger frei wird. Es lässt sich zweitens sogar glauben, dass auch die Reibung der Moleküle einen Einfluss hat, oder dass, wenn die Niederstossung des Kolbens mit besonderer Kraft und somit schneller erfolgt, das freiwerdende Wärmequantum erheblich grösser ist, weil in diesem Falle die Moleküle stärker und nachhaltiger erschüttert oder, mit andern Worten, in heftige Vibration versetzt werden. Man kann sich vorstellen, dass verdichtete und zugleich heftig vibrirende Luft ein

grösseres Wärmequantum freigiebt oder auf die höchste, durch die Verdichtung allein nicht zu erzielende Temperatur gebracht wird, weil sich die Wärme-Kapazität der Luft auch infolge der Vibration erniedrigen dürfte, so wie man jedenfalls andere Körper durch Schlag, Stoss, Reibung u. s. w. vorübergehend in den Zustand einer niedrigen Wärme-Kapazität versetzen kann.

Wird Luft, wie oben, komprimirt, so ist die grösste freie Wärmemenge im Moment der stärksten Kompression vorhanden. Beim Zurückgehen des Kolbens wird alle freigewordene Wärme, soweit sie in der Luft noch enthalten ist, wieder gebunden. Es bleibt auch keine Wärme zurück, von der man sagen könnte, dass sie durch Umwandlung mechanischer Kraft oder vielleicht aus — Nichts, durch die Reibung der Moleküle, entstanden sei.



Materie und Kraft.

Wie bekannt, stellt man gegenwärtig, nach dem Stande der naturwissenschaftlichen Erkenntniss, den Satz auf, dass die Welt zeitlich und räumlich unendlich ist und verbindet damit die Annahme, dass in dieser unendlichen Welt, von Ewigkeit her, ein gewisses Quantum Materie und ein gewisses Quantum Kraft enthalten sei; wenigstens wird das Quantum der Materie und ebenso das Quantum der Kraft häufig als ein gewisses Quantum bezeichnet. Hiervon ausgehend meint man das mechanische Weltgeschehen begreifen zu können. Denn — so heisst es — die Kraft kann ebenso, wie die Materie, in ihrem Bestande nicht vermindert werden; so wie kein Atom der Materie verloren geht, sondern sich nur mit anderen Atomen verbindet und so wie dadurch nur die äussere Erscheinung und höchstens die chemische Natur der durch unsere Sinne wahrnehmbaren Körper verändert wird, so kann auch die Kraft nicht verschwinden, sondern Kraft wird nur in andere Kraft umgesetzt und so ein Kreislauf der Kraft herbeigeführt.

Für sich genommen mag nicht allein der obige Satz, sondern ebenso die daran geknüpfte Annahme als plausibel erscheinen. Im Eifer, das mechanische Weltgeschehen erklären zu wollen, vergisst man aber, Satz und Annahme in ihrer gegenseitigen Beziehung oder als Ganzes zu untersuchen, sonst müsste man längst gefunden haben, dass Satz und Annahme sich widersprechen.

Wir können die Ewigkeit der Welt oder die Vorstellung, dass dieselbe zeitlich ohne Anfang und ohne Ende sei, auf sich beruhen lassen. Der menschliche Verstand, die Logik fordern diese Ewigkeit oder müssen sie nothwendig voraussetzen. Eine räumlich unendliche Welt und ein gewisses Quantum Materie sind aber logisch unvereinbare Dinge. Entweder die Welt ist räumlich unendlich, dann ist auch die Materie in ihrer räumlichen Ausdehnung unbegrenzt und somit ihr Quantum ein ungewisses, oder wir haben thatsächlich nur ein gewisses Quantum Materie vor uns, dann ist die Welt, wenn wir uns darunter eine belebte Welt vorstellen, keine räumlich unendliche, dann ist ausser ihr das unendliche Nichts. Wir avanciren in unserer Erkenntniss gewissermassen rückwärts zu der Vorstellung des Alterthums: Die Welt ist eine Insel, schwimmend im Ocean des Nichts.

An die Stelle obiger Annahme einer räumlich unendlichen Welt mit einer dem Quantum nach beschränkten Materie muss der Satz treten: Die Welt ist unendlich: folglich ist auch die Materie, welche dieses Unendliche erfüllt, als Quantum keine gegebene, sondern im Gegentheil — eine unendliche Grösse.

Wir vermögen uns die Materie als Quantum ebenso wenig vorzustellen, wie den Raum in seiner Unendlichkeit. Trotzdem fordert wieder der menschliche Verstand, es fordert die Logik, dass zwischen Raum und Materie ein gewisses Verhältniss bestehen muss. Und in dieser Beziehung ist anzunehmen, dass die Verdichtung der Materie, dass die Bildung neuer Weltkörper, neuer Systeme zwar nicht nach einer gleichförmigen Schablone, aber doch immerhin nach Gesetz, nach den Verhältnissen des Raumes vor sich geht. Wenn wir daher im stande wären, alle Weltkörper aufzulösen und dadurch die Materie in den Gleichgewichtszustand überzuführen, so müsste sich herausstellen, dass jeder Theil des Weltraumes erfüllt wäre mit einer homogenen Materie von gleicher Dichtigkeit, die wir die mittlere Dichtigkeit der Materie zu nennen berechtigt sind. Nicht also das Quantum ist ein Massstab für

den Bestand der Materie, nur ihre mittlere Dichtigkeit könnte Zeugniß dafür ablegen, daß vom Bestand der Materie nichts verloren geht. Jeder Verdichtung muß nothwendig eine Lockerung gegenüberstehen, und jede Lockerung muß nothwendig eine Verdichtung im Gefolge haben. Daraus ergibt sich für die Materie der zweite Satz: Die mittlere Dichtigkeit der Materie ist trotz aller Veränderungen, welche die Materie kontinuierlich durch Verdichtung oder Lockerung einzelner Theile erfährt — ewig konstant.

Wie verhält sich nun dazu die Kraft. Wenn wir uns die Materie, wie oben, in den Gleichgewichtszustand versetzt denken, aufgelöst in einen endlosen Weltnebel von gleicher Dichtigkeit, so wird dieser endlose Weltnebel nicht bloss alle Atome der verschiedenen Weltsubstanzen, sondern auch alle Kräfte in sich vereinigen. Von den uns bekannten Kräften würden in diesem endlosen Weltnebel besonders zwei Kräfte eine wirklich universelle Bedeutung haben: die Gravitation und die Wärme. Die Gravitation würde bewirken, daß die Atome sich gegenseitig anziehen, und weil nicht im Ganzen ein gewisses, sondern für jedes im Gleichgewichtszustand befindliche Quantum Materie ein entsprechendes Wärmequantum anzunehmen ist, so müßte die Wärme eine gleichmässige Temperatur erzeugen, die wir im Gegensatz zur mittleren Dichtigkeit als die mittlere Temperatur der Materie bezeichnen können. Die sonstigen Kräfte, wie die Elektrizität, der Magnetismus u. s. w. sind mehr an die Materie im Detail, an das Einzelne, das Besondere gebunden. Einen so universellen Charakter, wie die Gravitation und die Wärme, haben sie nicht; zum mindesten kommt ein solcher weniger zur Erscheinung.

Von einer Erörterung des Gravitationsgesetzes sehen wir ab, weil seine Wirkungen bekannt sind; auch lassen wir es dahingestellt, wodurch der erste Anstoß zu einer Verdichtung der Materie gegeben wird, da wir jedenfalls nicht alle Kräfte und noch weniger alle Kraftwirkungen erforscht haben. Wir können schon aus den Verhältnissen

der uns sichtbaren Welt mit Bestimmtheit entnehmen, dass die Entstehung der Weltkörper aus nebelartigen Gebilden heraus erfolgt und dass dieselben sich von ihrem ersten Entstehen an bis zu einem gewissen Grade verdichten; doch lässt sich vermuthen, dass dabei die chemische Verwandtschaft der einzelnen Stoffe eine wesentliche Rolle spielt. Mit jeder Verdichtung die sich an einem Theile der Materie vollzieht, muss, wie gesagt, eine Lockerung anderer Materie verbunden sein. Die Materie, welche sich verdichtet, wird ihre Temperatur erhöhen, weil das in der Materie enthaltene Wärmequantum für ein grösseres Volumen berechnet war. Die andere Materie wird dagegen ihr Volumen vergrössern und dadurch ihre Dichtigkeit vermindern, ihre Temperatur herabsetzen. Damit hätte sich der erste Unterschied in der Temperatur der Materie gebildet.

Mit Bezug auf die bestehende Welt müssen wir aber die Verhältnisse noch anders auffassen, weil wir keine werdende, sondern eine fertige Welt oder richtiger eine entstehende und vergehende vor uns haben, und wir auch gezwungen sind, anzunehmen, dass es immer so gewesen sei und immer so sein wird. Das folgende Beispiel kann dazu dienen, sich die Regulirung der Wärmeverhältnisse im grossen Weltgetriebe klar zu machen.

Denken wir uns einen gewissen Raum aus dem unbegrenzten All herausgenommen, denken wir uns da hinein zwei Weltsysteme von gleicher Grösse, das eine in der Verdichtung, das andere in der Auflösung begriffen. Das eine System wird kontinuierlich Wärme ausstrahlen, deren Quantum von dem Stande des Verdichtungsprozesses oder davon abhängt, in welchem Umfange Wärme frei wird; das andere wird infolge seiner Auflösung oder infolge des Uebergangs der flüssigen und festen Körper in gasförmige Massen, wieder je nach dem Stande des Auflösungsprozesses, Wärme binden, und schon aus diesem Grunde wird im Grossen und Ganzen eine gewisse durchschnittliche Temperatur auch im ersten System nicht überschritten werden.

Falsch freilich wäre die Meinung, dass in Wirklichkeit das Freiwerden und Binden der Wärme nur auf so einfacher

Basis vor sich gehe; die Details werden zahlreich und oft verwickelt sein. Zunächst wohl ist der Weltraum nicht unbetheiligt. Gründe, die sich aus bekannten Thatsachen von selbst ergeben, zwingen uns, anzunehmen, dass besonders der Raum zwischen den Atmosphären der einzelnen Weltkörper, oder das Unbekannte, welches ihn ausfüllt, eine grosse Fähigkeit zur Wärme-Aufnahme, wir können sagen, eine hohe Wärme-Kapazität besitzt. Auch werden überall, wo in den Weltraum, infolge der Auflösung von Weltkörpern oder aus anderen Ursachen, Gase eintreten, diese durch Volumenvergrösserung, beziehentlich in Verbindung mit sehr hoher Wärme-Kapazität, eine bedeutende Wärmemenge an sich ziehen oder die im Weltraume vorhandene, nach unsern Begriffen schon theilweise gebundene Wärme noch weiter binden, bis zuletzt das Umgekehrte stattfindet, bis sich die Gase zu Nebelmassen zusammenhäufen, zu neuen Weltenkörpern verdichten, womit für die Wärme das allmähliche Wiederfreierwerden beginnt.

Bei der schliesslichen Wiederauflösung eines Weltkörpers ist es aber nicht ausgemacht, dass diese ganz auf direktem Wege erfolgen muss. Sie kann theilweise auch indirekt vor sich gehen, indem die letzten Reste, die festen Stoffe eines abgestorbenen Weltkörpers nach und nach durch die Wirkungen bekannter oder unbekannter Kräfte gesprengt, das heisst in einzelne Bruchstücke zerlegt werden, die zuletzt als Meteoriten in der Masse eines glühenden Weltkörpers untergehen. Dieses Zulezt müsste unbedingt einmal eintreten, auch wenn sich ein Meteorit erst auf der Erde oder auf einem anderen nicht glühenden Weltkörper niederlassen und dort bis auf Weiteres verhalten sollte. Während aber für einen glühenden Weltkörper die zuströmenden Meteoriten, wenigstens zum Theil, gewissermassen neues Feuerungs-Material sind, giebt er, besonders in der Form von Gasen, ein nicht unbedeutendes Material als Stoff zu neuer Weltbildung an den Weltraum wieder ab. Leider geben uns die Meteorsteine, welche auf die Erde fallen, über die Beschaffenheit der im Weltraume umherziehenden Meteoriten wenig Aufschluss, namentlich, weil es ungewiss ist, ob oder

in wie weit wir in den fallenden Gesteinsmassen ein Verbrennungs-Produkt erhalten, wie es dadurch nahe gelegt wird, dass Meteorsteine in der Regel gerade dann, wenn sie in die untersten, dichtesten Luftschichten gelangen, also gerade dann, wenn sie der stärksten Reibung ausgesetzt sind, zu leuchten aufhören.

Selbstredend tragen auch andere Ursachen, als die Verdichtung und Wiederauflösung der Weltkörper, dazu bei, die Temperatur zu erhöhen oder nach Umständen sie herabzumindern; es wird auch aus anderen Gründen Wärme frei und Wärme gebunden werden. Diese Ursachen dürften sogar zahlreicher und verschiedener sein, als die Prozesse, die bei der Verdichtung und Wiederauflösung der Weltkörper zusammenwirken. Aber abgesehen davon, dass jenen Ursachen keine ausschlaggebende Bedeutung beizulegen ist, können schliesslich doch alle Vorgänge nur das eine Resultat haben, dass die Schwankungen der Temperatur an gewisse Grenzen gebunden sind. Und diese Grenzen werden um so enger zu ziehen sein, wenn wir uns viele Weltsysteme in allen Stadien des Auf- und Niedergangs neben- und zwischeneinander im unendlichen Weltraume vertheilt denken.

Der gesammte Wärmeprozess, die Wärmehäufung, der Wärmeschwund, das Freiwerden und Binden der Wärme und damit die Zu- und Abnahme der Temperatur, werden bedingt und geregelt: einmal durch den Zustand, in dem sich die einzelnen Weltkörper befinden, und einmal durch die Veränderungen, die sich regelmässig in den gegenseitigen Beziehungen der Weltkörper oder zufällig in den Verhältnissen der Stoffe und ihrer Verbindungen vollziehen. —

Daraus ergiebt sich für die Wärme folgendes Verhältniss: Das Vermögen der Weltkörper, Wärme ausstrahlen, nimmt allmählich ab mit ihrer fortschreitenden Verkrustung und kehrt sich schliesslich in das Gegentheil um, indem bei den Vorgängen, die mit der Lockerung, mit der Wiederauflösung der Weltkörper zusammenhängen, Wärme gebunden wird: an und für sich

aber ist die Wärme so unvergänglich, wie die Materie, oder ein Theil der Materie selbst.

Zwar ist die Thatsache nicht anzufechten, dass nur wenige von den Strahlen eines glühenden Weltkörpers bis zu entfernten Weltsystemen gelangen werden; aber die Wärme pflanzt sich nicht allein durch Strahlung, sondern auch durch Leitung fort; sie wird durch Leitung abfließen nach allen Punkten, wo Wärme gebunden wird.

Wenn wir aber im übrigen bis jetzt nur von der Wärme, nicht vom Lichte gesprochen haben, so geschah es, weil wir im Lichte eine Erscheinung sehen, welche entsteht, wenn die von einer Flamme oder einem glühenden Körper ausgehenden Strahlen die Moleküle eines als Medium dienenden Körpers in geeignete Bewegung setzen, mag dieses Medium der angenommene Aether sein oder mögen sich verschiedene Körper zur Erzeugung von Lichterscheinungen qualificiren. Allerdings bleibt dabei die Frage bestehen, ob auch, wie es den Anschein hat, Licht durch andere Kräfte, durch elektrische Ströme u. s. w. erzeugt wird, oder ob wir in solchen Fällen uns Wärme und andere Kraft, zum Beispiel Wärme und Elektricität, als verbunden zu denken haben.

Wir betrachten also das Licht als eine von der Wärme, beziehentlich von anderen Kräften abhängige Bethätigungsform, die an sich keine Kraft, sondern ebenso, wie der Schall, eine durch Kraft hervorgerufene, übrigens vergängliche Erscheinung ist. Dagegen müssen wir jede andere, neben der Wärme vorhandene Kraft, so lange das Gegentheil nicht bewiesen ist, als unabhängige und ebenso, wie die Wärme, als unvergängliche Kraft anerkennen. Das Räthsel, wie sich Wärme in Gravitation und Gravitation in Wärme verwandeln soll, wird schwerlich gelöst werden. Wohl mag es richtig sein — wir bezweifeln es nicht — dass manche andere Kraft der Wärme näher steht, als der Gravitation. Es kann zum Beispiel die Elektricität von der Wärme so beeinflusst, beziehentlich so erregt werden, dass ihre Wirkungen erkennbar oder in verstärkter Masse hervortreten; es kann auch möglich sein, dass der Magnetismus nur eine andere

Wirkungsform der Elektrizität ist, und endlich können verschiedene Kräfte mit einander in wechselseitige Beziehung treten: — das ist aber alles, was sich annehmen lässt. Kein Atom der Materie wird in irgend welcher Weise verändert, keines in ein Atom von anderer Beschaffenheit umgewandelt; ein Atom wird nur in gewissen Fällen und unter gewissen Voraussetzungen mit anderen Atomen verbunden. So wie es verbundene Atome giebt, so können wir an verbundene Kräfte denken; so dürfen wir uns vorstellen, dass alles, was wir im Gegensatz zur Materie Kraft nennen, mag es ein Theil der Materie selbst oder nur eine Eigenschaft der Materie sein, vielleicht aus wenig Einzelkräften besteht, dass aber die verschiedenartige Verbindung oder das Zusammenwirken von Einzelkräften eine Menge Kraftformen oder besondere Kraftwirkungen erzeugen kann. Was sollte zum Beispiel eine wirkliche Umwandlung von Wärme in andere Kraft oder von anderer Kraft in Wärme auch schliesslich bezwecken?!

Nun könnte man einwenden, dass die aufgestellte Theorie über die Regulirung der Wärmeverhältnisse im Weltraum eine Hypothese sei. Und ohne Frage ist auch die aufgestellte Theorie zunächst als Hypothese aufzufassen; sie hat aber vor älteren Hypothesen den grossen Vorzug, dass sie sich logisch sehr gut begründen lässt.

Man sagt, es werde sich zuletzt jedes Sonnensystem durch den Hineinsturz seiner Planeten in die Sonne wieder auflösen und dann eine neue Weltbildung unter neuer Wärme-Entwicklung vor sich gehen; man sagt aber auch, dass bei dieser Annahme mit der Zeit ein allgemeiner Weltbrand zu befürchten sei. Diesem Weltbrand müssten wir jetzt schon, ohne jenen Zusammensturz, mit Gewalt entgegengetrieben werden; er müsste überhaupt längst schon eingetreten sein, wenn Wärme unaufhörlich erzeugt, das heisst in jedem Moment neu hervorgebracht würde. Wir haben keine Ahnung, welche Wärmemenge allein von unserer Sonne ausgeht, wenn wir aber die unzähligen Sonnen im unendlichen Weltall uns hinzudenken: wo sollte die Wärme am Ende hin? Wollten wir eine Wärme-Erzeugung — eine wirkliche — annehmen,

so müssten wir auch nachzuweisen im stande sein, dass die erzeugte Wärme wieder verbraucht wird. In diesem Falle würden wir aber die Antwort schuldig bleiben, wo später die nöthige Wärme herkommen soll, wenn alle Sonnen ihr Vermögen, Wärme zu erzeugen, erschöpft und somit aufgehört hätten, als wärmespendende Weltkörper zu existiren. —

Wir können aber auch die Möglichkeit, dass Wärme indirekt, durch Umwandlung anderer Kraft erzeugt wird, uns nicht verständlich machen; wir müssen vielmehr die Begründung der jetzigen Wärmetheorie, weil sie die Umwandlung der Kraft, trotz aller gegentheiligen Behauptungen, unerwiesen lässt, als unzulänglich bezeichnen. Dass überhaupt, nachdem man das Gesetz von der Erhaltung der Kraft publicirt und damit die grösste Errungenschaft des 19ten Jahrhunderts ins Trockne gebracht hat, noch ein Streit der Meinungen entstehen kann, wie sich die Wärme im Weltraume erneuert und ob die sogenannte Entropie der Welt ein möglicher oder unmöglicher Zustand sei, beweist am besten, was von der Grösse jener Errungenschaft zu halten ist.

Thatsache ist, dass auch die jetzige Wärmetheorie nicht bestehen kann ohne die Voraussetzung, dass Kraft in keinem Falle wirklich erzeugt oder nie durch einen Schöpfungsakt als „etwas Neues“ geschaffen wird. Selbst angenommen, dass sich Wärme in mechanische Kraft, in Elektrizität u. s. w. und umgekehrt mechanische Kraft, Elektrizität u. s. w. in Wärme verwandelt, so darf doch Kraft, ohne sich angemessen zu vermindern, in keinem Falle Kraft hervorbringen. Denn dadurch würde die Menge der Kraft, die nach der jetzigen Wärmetheorie eine feste und unveränderliche ist, sofort einen Zuwachs erhalten, weil Kraft erzeugt worden wäre, ohne dass eine Verminderung anderer Kraft sich vollzogen hätte. Es verstiesse dies direkt gegen den Grundgedanken der jetzigen Wärmetheorie, dass Kraft nur durch die Umwandlung anderer Kraft entsteht. Auch nach der jetzigen Wärmetheorie könnte unsere Sonne

wohl Wärme spenden, aber nicht Wärme produciren, auch nach ihr müsste verbrennende Kohle uns Wärme zur Verfügung stellen, dürfte aber keine hervorbringen; es wäre im Grossen, wie im Kleinen, keine Wärme-Erzeugung, sondern nur eine Umwandlung von Kraft in andere Kraft als wirklich Geschehendes anzunehmen. Und so sehen wir die jetzige Wärmetheorie hinsichtlich der Wärme-Erzeugung ganz denselben Standpunkt einnehmen, wie unsere neue Theorie, die wir oben entwickelt haben.

Aber trotzdem ist die jetzige Wärmetheorie unhaltbar. Diese Theorie nimmt eine einzige Grundkraft an, die sich — in viele Aeste verzweigt — durch alle Kraftercheinungen im ewigen Kreisläufe hindurchbewegt, indem sich eine Kraftveränderung an die andere reiht und so gewissermassen eine zusammenhängende Kette von Kraftveränderungen gebildet wird. In dieser Kette ist die sogenannte mechanische Kraft ein wichtiges Glied, und man hat sie wohl aus diesem Grunde zu dem Range einer Naturkraft erhoben, welche die Eigenschaft besitzen soll, Massenbewegung hervorzurufen. Wir haben schon an anderer Stelle ausführlich nachgewiesen, dass eine mechanische Kraft, wie sie die jetzige Wärmetheorie unter die Zahl der Naturkräfte aufnimmt, in der Wirklichkeit nicht vorhanden ist, dass es nur mechanische Wirkungen giebt, die durch andere (wirkliche) Naturkräfte, durch Menschen- oder Thierkräfte hervorgebracht werden. Damit fällt die von der jetzigen Wärmetheorie angenommene Kette der Kraftveränderungen in zwei unverbundene Theile auseinander und ein Kreislauf der Kraft ist nicht mehr möglich, wenigstens nicht im Sinne oder nach dem Bilde der jetzigen Wärmetheorie.

Dass ein solcher Kreislauf in der That nicht besteht, lehrt auch die Beobachtung natürlicher Vorgänge. So werden zum Beispiel die von der Sonnenwärme eingeleiteten mechanischen Prozesse nicht selten niedergeschlagen, ehe die „mechanische Kraft“ zur Wirkung kommt. Das von der Sonnenwärme verdunstete Wasser fällt als Regen nieder und könnte wohl,

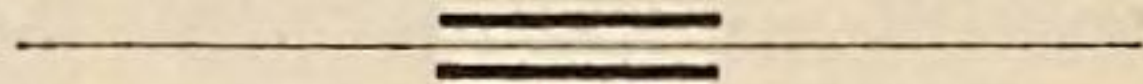
wenn es Flüsse und Ströme füllt, Mühlen treiben und Lasten stromab tragen; es wird aber häufig, beziehentlich zu einem sehr grossen Theile, wieder in aufsteigende Dünste verwandelt. Grosse Wassermassen fallen ins Meer zurück, aus dem sie die Sonne erst gezogen hat. Und so fort. Desgleichen kommt in den Fällen, wo der mechanische Werdeprozess, infolge günstiger Verhältnisse nicht gestört wird, eine mechanische Wirkung viele Male nur dann heraus, wenn der Wille des Menschen oder seine technischen Einrichtungen hinzutreten. Und schliesslich ist auch die Existenz eines Vulkans auf einen Wärmeherd zurückzuführen, schliesslich repräsentiren die Ausbrüche eines Vulkans oft eine erstaunliche „mechanische Kraft.“ Sein Werk ist aber in der Regel Zerstörung, und nichts vermögen wir zu erkennen, was dazu diene, die auf Zerstörung verwendete „mechanische Kraft“ zu erhalten.

— Hiervon abgesehen, ist die jetzige Wärmetheorie auch aus anderen allgemeineren Gründen unannehmbar. Durch sie kommen wir einer Lüftung des Schleiers, der über das Weltgeschehen gebreitet ist, nicht näher; es wird im Gegentheil dieses Weltgeschehen viel verwickelter, viel unbegreiflicher. Jede Sonne strahlt Wärme nach allen Richtungen aus. Sollte aus dieser Wärme auch keine „mechanische Kraft,“ sondern nur Elektrizität, u. s. w. gebildet werden, so müsste dies an verschiedenen, zum Theil weit auseinander liegenden Punkten des Weltraumes geschehen. Dazu, um diese zerstreuten Elemente der Weltkraft wieder an die Punkte zu befördern, wo sie zur Wärmebildung nöthig sind, würde eine Weltpost erforderlich sein, von deren Organisation wir absolut keinen Begriff haben. Es wäre auch, wenn wir diese Weltpost als möglich annehmen wollen, ein Entstehen und Vergehen der Welskörper eigentlich überflüssig. Denn wenn auf unserer Sonne fortwährend andere Kraft in Wärme umgesetzt wird, so kann diese Sonne auch ewig leuchten und ein Weltkörper, wie die Erde, kann Licht und Wärme ewig von ihr empfangen. Wir hätten keine Entropie der Welt, sondern die Möglichkeit eines ewigen Bestandes des einmal Vorhandenen. —

Alle Zeichen sprechen aber dafür, dass Weltkörper ent-

stehen und vergehen, dass nichts in der Welt, als die Materie und die Kraft von ewiger Dauer ist. Können wir auch die Gesetze, nach denen sich die Wiederauflösung der Weltkörper vollzieht, nicht so erkennen: das Faktum müssen wir als richtig, müssen wir als nothwendig akzeptiren, weil es ebenso dem erkennbaren natürlichen Geschehen, wie dem logischen Gedanken entspricht. Dann aber deckt sich die Hypothese:

dass in der Welt keine Wärme erzeugt, sondern nur die von Ewigkeit her vorhandene Wärme auf verschiedene Weise frei und auf verschiedene Weise gebunden wird, durch die einfachsten Thatsachen, die uns über Wärme, über freie und gebundene Wärme bekannt sind. Und schon an sich verdient diese Hypothese den Vorzug so lange, als nicht erwiesen ist, dass bei jedem Verbrennungs-Prozess eine Wärme-Erzeugung stattfindet, sei es, dass Wärme aus — Nichts hervorgebracht, sei es, dass andere Kraft in Wärme verwandelt wird.



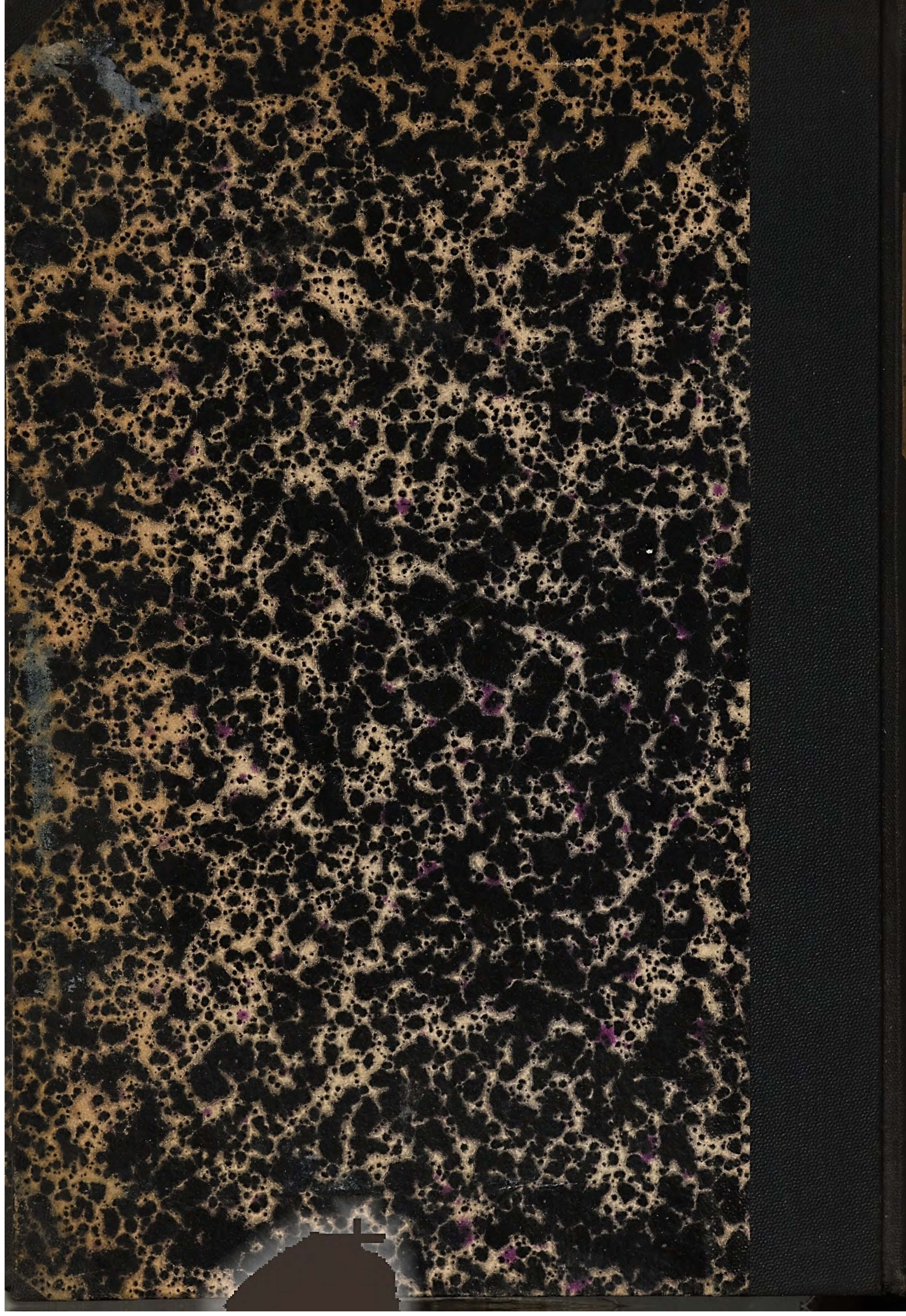
Inhalt.

Ueber Wärmetheorie	Seite
Freie und gebundene Wärme	3
Wärme und mechanische Kraft	32
Materie und Kraft	38
	47

Inhalt.

Ueber Wärmetheorie	3
Freie und gebundene Wärme	32
Wärme und mechanische Kraft	38
Materie und Kraft	47

Karl Bögl.



Barth, A. F.

Beiträge zur Theorie des Weltgeschehens [Hauptsächlich zur Wärmetheorie.]

Grossenhain 1893

Phys.sp. 33 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11881378-1